



**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

**ESTUDIO DE RIESGOS DE INUNDACIÓN
DEL RÍO AGUAS VIVAS SEGÚN DISTINTOS
SISTEMAS CARTOGRÁFICOS**

Autor: Alejandro Pradas Osuna

Director: Oscar Ruiz Lozano

Fecha: Diciembre de 2015

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. DESARROLLO	5
4.1. ESTUDIOS DEL RÍO	6
4.1.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y GEOMORFOLÓGICO	6
4.1.2. ESTUDIO CLIMÁTICO	17
4.1.3. ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA	27
4.1.4. ESTUDIO DE POBLACIÓN	33
4.1.5. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO	46
4.1.6. ESTUDIO DE USOS DEL SUELO	48
4.1.7. CONCLUSIONES	56
4.2. MODELIZACIÓN BIDIMENSIONAL	57
4.2.1. IBER	58
4.2.2. DATOS	64
4.2.3. USOS DEL SUELO: SIOSE	71
4.2.4. CONDICIONES HIDRODINÁMICAS	74
4.2.5. MODELIZACIÓN EN BASE A DATOS LIDAR	77
4.2.6. MODELIZACIÓN EN BASE A DATOS ASTER	107
4.2.7. CONCLUSIONES	127
5. CONCLUSIONES	129
5.1. CONCLUSIONES	129
5.2. TRABAJOS FUTUROS	130
6. ANEXOS	131
6.1. INFORMES CAUMAX	131
6.1.1. HOJA 492	131
6.1.2. HOJA 466	137

INDICES

6.1.3. HOJA 467	143
7. BIBLIOGRAFÍA	149
7.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
7.2. BIBLIOGRAFÍA	152

INDICE DE ILUSTRACIONES

Embalse de Moneva	4
Mapa geotécnico y geomorfológico	6
Temperaturas de la cuenca	17
Temperaturas del tramo de estudio	18
Evolución temperaturas máximas	21
Evolución temperaturas mínimas	22
Precipitaciones de la cuenca	23
Precipitaciones anuales	23
Evapotranspiración de la cuenca	25
Ciprés de Arizona de Huesa del Común	30
Población	35
Pirámide Pob. Allueva	36
Pirámide Pob. Salcedillo	37
Salcedillo	38
Pirámide Pob. Segura de Baños	39
Pirámide Pob. Maicas	40
Maicas	41
Pirámide Pob. Huesa del Común	42
Pirámide Pob. Blesa	43
Blesa	44
Pirámide Pob. Moneva	45
Balneario de Segura	47
Molino Cueva 1	47
Molino Cueva 2	47

INDICES

Usos del suelo cuenca	48
Usos de suelo Allueva.....	49
Usos de suelo Salcedillo.....	50
Usos de suelo Segura de Baños	51
Usos de suelo Maicas	52
Usos de suelo Huesa del Común	53
Usos de suelo Blesa	54
Usos de Suelo Moneva.....	55
Resolución ecuaciones Iber	60
Ecuación 1	61
Ecuación 2	61
Ecuación 3	61
Ecuación 4	62
Ecuación 5	62
Ecuación 6	62
Fuerzas Iber	62
Ecuación 7	63
Ecuación 8	63
LIDAR vs Satélite.....	67
Ejemplo SIOSE.....	71
Modelo SIOSE	73
Tablas SIOSE	73
Tipo de régimen	74
Condiciones de entrada	74
Imagen de fondo	77
RTIN LIDAR	78

INDICES

Importar RTIN.....	78
Área.....	79
Colapsar geometría.....	79
Mallar geometría.....	79
Mallar.....	79
Área mallada.....	80
Contorno malla.....	80
Hoja 492	81
Hoja 466	81
Hoja 467	81
Entrada 492	82
Entrada 466	83
Salida 466	83
Entrada 467	84
Salida 467	84
Condición Inicial	85
Condiciones hidrodinámicas	85
Rugosidad hoja 492	86
Rugosidad hoja 467	86
Rugosidad hoja 466	86
Datos del problema.....	87
Datos - Resultados.....	87
Datos – Parámetros de tiempo	87
Calcular Postproceso	88

INDICES

INDICE DE TABLAS

Datos de temperaturas.....	19
<i>Evolución temperaturas máximas</i>	<i>20</i>
<i>Evolución temperaturas mínimas</i>	<i>22</i>
<i>Datos precipitaciones</i>	<i>24</i>
<i>Evapotranspiración embalse Moneva</i>	<i>26</i>
<i>Datos evapotranspiración embalse de Moneva</i>	<i>26</i>
<i>Censo municipios.....</i>	<i>34</i>
<i>Censo Allueva</i>	<i>35</i>
<i>Población Allueva.....</i>	<i>36</i>
<i>Censo Salcedillo</i>	<i>37</i>
<i>Población Salcedillo.....</i>	<i>37</i>
<i>Censo Segura de Baños</i>	<i>38</i>
<i>Población Segura de Baños</i>	<i>39</i>
<i>Censo Maicas</i>	<i>40</i>
<i>Población Maicas</i>	<i>40</i>
<i>Censo Huesa del Común</i>	<i>41</i>
<i>Población Huesa del Común</i>	<i>42</i>
<i>Censo Blesa</i>	<i>43</i>
<i>Población Blesa</i>	<i>43</i>
<i>Censo Moneva.....</i>	<i>44</i>
<i>Población Moneva</i>	<i>45</i>
<i>Ha Comunidades de regantes</i>	<i>46</i>
<i>Usos de suelo Allueva.....</i>	<i>49</i>
<i>Usos de suelo Salcedillo.....</i>	<i>50</i>

INDICES

Usos de suelo Segura de Baños	52
Usos de suelo Maicas	52
Usos de suelo Huesa del Común	54
Usos de suelo Blesa	54
Usos de suelo Moneva	55
Comparación entre las características de las imágenes ASTER y LANDSAT	69
Suelo SIOSE	72
Caudales periodos de retorno	75
Caudales 492	82
Caudales 466	83
Caudales 467	84
Parámetros de tiempo LIDAR	88
Parámetros de tiempo ASTER	108

1. RESUMEN

El siguiente trabajo va a realizar un estudio de la parte alta del río Aguas Vivas, desde su nacimiento en el municipio de Allueva hasta el embalse Moneva, situado aproximadamente en la mitad de su recorrido hasta el río Ebro.

El trabajo se divide en dos partes, una primera que, mediante la consulta de diversa bibliografía, estudios y datos, describe el terreno por el que pasa el río, señalando el tipo de geomorfología, vegetación, clima, población, sistema socioeconómico y usos del suelo.

En la segunda parte del trabajo se realizan modelizaciones con el programa IBER para determinar las diferencias en las áreas de inundación y los valores que se obtienen utilizando la cartografía LIDAR, de 5 metros de resolución, y la cartografía ASTER, de treinta metros de resolución.

Antes de estas modelizaciones se explican brevemente el programa IBER y la procedencia de los datos que se van a utilizar, tanto los de cartografía, como los de los distintos períodos de retorno, rugosidades, etc...

Con esos datos se realizan las simulaciones, que dan como resultado la preferencia de la cartografía LIDAR para este tipo de estudios, por su precisión y el sentido que aportan a los resultados generados, considerando dejar la cartografía ASTER para otro tipo de simulaciones, para áreas grandes y relativamente llanas, ya que para relieves montañosos y escarpados el programa nos da unos resultados alejados de la realidad con valores muy sobredimensionados.

Términos clave: **cartografía LIDAR, cartografía ASTER, modelización, periodo de retorno, río Aguas Vivas.**

2. ABSTRACT

The next thesis studies the high part of the AguasVivas River, from its beginning in the Alluevamunicipality to Moneva's reservoir, close to the middle of its way to the Ebro River.

The thesis is divided in two parts. The first, describes the terrain through which the river flows, pointing the type of geomorphology, vegetation, weather, population, socio-economical system and uses of the ground through the study of different bibliography and data.

In the second part of the thesis, some modellings have been done using the software IBER to determine the differences in the flow areas with the LIDAR cartography, with five meters of resolution, and the ASTER cartography, with 30 meters of resolution.

Before the modellings, there are short explications about the software IBER and the origin of the data that is going to be used for the cartography, the return periods, roughness, etc...

With these data, the simulations have been done with the result that LIDAR cartography is better to this type of studies, for its precision and the meaning with which it embeds the results generated, leaving ASTER cartography for another type of simulations, such as big and plane areas, because for steep topographies, the results are far away of reality and the values of the data are very over-dimensioned.

Key words: **LIDAR cartography, ASTER cartography, modelling, return period, AguasVivasRiver.**

3. INTRODUCCIÓN

El río Aguas Vivas es un afluente del río Ebro por su margen derecha, recorre las provincias de Teruel y Zaragoza, tiene una longitud de unos 103 km, y recoge aguas de una cuenca vertiente de 1.446 km² de los que sus principales cuencas de afluentes por su margen izquierda, son los ríos Moyuela (también conocido por río Moneva o arroyo de Santa María) y Cámaras, que ocupan 156 y 436,8 km² respectivamente (casi un 50 % de superficie total).

Nace en las Sierras de Perlada y Oriche, en las estribaciones orientales de la Sierra de Cucalón dentro del T.M. de Allueva (Teruel) a una cota máxima de 1.492 metros de altitud. En su recorrido hasta la depresión del Ebro en su desembocadura, tiene un desnivel de 1.357 metros, en el que prácticamente el 75 % de su superficie (aguas abajo de Huesa del Común) se sitúa bajo la cota 800. Su desembocadura en el río Ebro en T.M. de La Zaida (Zaragoza), se sitúa en torno a los 135 metros de altitud. Su pendiente media es de 1.186%, mayor hasta el T.M. de Huesa del Común y menor después hasta la desembocadura.

La cuenca del río Aguas Vivas, que pertenece a la comunidad de Aragón en el 100 % de su territorio, presenta inicialmente un recorrido con dirección suroeste (hacia el mar Mediterráneo), y que a partir de las inmediaciones del Puerto de Segura (T.M. de Segura de Baños) cambia bruscamente orientándose hacia el Noroeste directamente hacia depresión del río Ebro.

Aunque es un río con escaso caudal, seco algunas partes del año, y cuya cuenca no recibe muchas precipitaciones (precipitación media anual en torno a 450 mm), en ocasiones ha sufrido fuertes crecidas que han causado daños en las zonas adyacentes al río.

Introducción

Es por este motivo que se va a realizar el estudio de las áreas de inundación del primer tramo del río (hasta el embalse de Moneva), a fin de entender mejor el comportamiento del río Aguas Vivas, sus efectos y consecuencias.



Embalse de Moneva

4. DESARROLLO

El trabajo se va a quedar dividido en dos importantes apartados:

- Estudios del río: comprenderá estudios geotécnicos, climáticos, de flora y fauna, de población, socioeconómicos, de usos de suelo y tipología de los suelos. El objetivo de estos estudios es un mejor conocimiento de la zona de estudio a fin de poder caracterizarla y saber las afecciones posibles y a quién y a qué afectan. Para realizarlo se consultarán distintos documentos que aparecen en la bibliografía
- Modelización bidimensional de las áreas de inundabilidad usando dos sistemas cartográficos distintos, con el objetivo de determinar que zonas se verían afectadas en caso de inundación y como cambian en función de la cartografía utilizada. Para ello se usarán las cartografías del satélite LIDAR y el satélite ASTER, modelizadas con el programa IBER.

Los terrenos por los que circula el río se describen a continuación:

Área II₁

El área II₁ incluye aquellos terrenos mesozoicos en los que predominan las rocas carbonatadas con buenas características mecánicas (calizas, dolomías, calizas margosas), si bien aparecen entre ellas niveles de extensión y potencia variable de margas y arcillas con unas características, tanto mecánicas como de estabilidad, netamente inferiores. También incluye areniscas que, por razón de homogeneidad, no deben separarse e incluirse en un área distinta.

- Formaciones superficiales y sustratos

Litológicamente, comprende un conjunto de rocas carbonatadas de edad mesozoica (calizas, margas con mayor o menor grado de consolidación, dolomías y una serie de términos intermedios: calizas margosas, calizas dolomíticas y demás que, no obstante, no se han especificado a fin de no restarle claridad al mapa y por tratarse de unas diferenciaciones litológicas que escapan al objeto de este estudio). Además, esta área incluye otros materiales minoritarios, tales como arcillas y areniscas, por razones de homogeneidad estructural.

Podemos destacar dos grupos litológicos distintos:

• Calizas y margas o calizas, margas y dolomías

Incluyen calizas y dolomías y sus términos intermedios, así como calizas margosas. También es de destacar la presencia de margas y las tonalidades del terreno, que aquí son grises, pardas, amarillentas y beige.

La resistencia a la erosión física es desigual, según se trate de margas o calizas y dolomías. La de éstas es alta y disminuye notablemente en las margas.

Los recubrimientos arcillosos de alteración se sitúan tan sólo en zonas llanas o de pendiente débil.

- **Areniscas y calizas o calizas, areniscas y arcillas**

Están constituidas por calizas grises, con niveles de areniscas y en ocasiones con niveles de arcillas.

Su resistencia a la erosión es alta y disminuye en zonas arcillosas.

- **Características geomorfológicas**

La morfología de los terrenos que incluye esta área varía entre amplios límites. En líneas generales, predominan los relieves intermedios y abruptos; las zonas llanas son muy poco frecuentes y existen zonas con pendientes superiores al 30% y taludes verticales.

Sus terrenos se consideran, globalmente, estables en condiciones naturales e igualmente cuando actúa sobre ellos la labor técnica del hombre. No obstante, aparecen focos de inestabilidad potencial en zonas excesivamente fracturadas y pueden producirse, en zonas con niveles margosos, desprendimientos de bloques por descalce, dada la distinta erosionabilidad de los materiales calizos o dolomíticos y de las margas.

Además, en los terrenos de esta área, se tendrá en cuenta la posible presencia de oquedades subterráneas ligadas a fenómenos kársticos; estos fenómenos de disolución se manifiestan en superficie, en zonas llanas, por la existencia de dolinas.

- **Características hidrológicas**

Sus materiales son, en pequeño, impermeables por porosidad intergranular, y en conjunto, permeables por fisuración. Las condiciones de drenaje vienen determinadas por la constitución topográfica del terreno; en las zonas llanas (que son muy poco frecuentes), la escorrentía superficial es prácticamente nula y el drenaje se efectúa por percolación natural a través de las fisuras del terreno mientras, en las zonas con pendientes superiores, el drenaje se realiza por la conjunción de escorrentía superficial, en general muy activa, y percolación por fisuración.

En conjunto, su drenaje se ha considerado aceptable o favorable y los únicos problemas hidrológicos que afectan a esta área ofrecen un carácter muy restringido y localizado en pequeñas áreas deprimidas en zonas llanas.

Es normal la existencia de acuíferos en profundidad, pero no resulta probable que creen problemas de drenaje a las cotas normales de cimentación en este tipo de terrenos.

- **Características geotécnicas**

Sus materiales poseen una capacidad de carga alta y los asentamientos serán nulos aunque debe tenerse en cuenta la posibilidad de aparición de asientos bruscos debidos a la disolución de la caliza. Los problemas mecánicos que pueden existir se relacionan con los recubrimientos de alteración (que, por otra parte, son poco frecuentes y cuando existen tienen escasa potencia), cuyas características mecánicas son inferiores a las de la roca subyacente y que será aconsejables eliminar en cimentaciones; además, se relacionan con la posible preexistencia de oquedades subterráneas, y otras que se forman posteriormente, que pueden dar lugar a hundimientos y, por último, con la existencia de zonas margosas o zonas muy fracturadas que pueden ocasionar problemas de estabilidad por aplicación de cargas externas.

Área II₂

- **Formaciones superficiales y sustratos**

Comprende un conjunto de terrenos mesozoicos, no triásicos, en los que predominan materiales detríticos.

Litológicamente se encuentra formada por arenas, areniscas de desigual grado de compactación y arcillas o margas que constituyen niveles intercalados entre los de areniscas. Son de tonos blancos, amarillentos y rosados, con mayor o menor contenido en materia arcillosa. Entre estos materiales se intercalan margas y arcillas de tonos rojizos, grises, violáceos.

Desarrollo

Su resistencia a la erosión es baja, y en zonas con pendientes naturales fuertes se observan abarrancamientos fruto de una erosión lineal intensa. Los recubrimientos de alteración son arcillas, arenas y arcillas arenosas.

- **Características geomorfológicas**

Presenta un relieve variado: desde zonas con un relieve abrupto, muchas veces con abarrancamientos acusados fruto de la erosión lineal, hasta zonas en las que este relieve se suaviza hasta dar zonas de valle deprimidas.

Son relativamente frecuentes los abarrancamientos que, si bien no poseen unas dimensiones grandes, sí ofrecen un aspecto muy acusado.

Sus terrenos se consideran estables en condiciones naturales e inestables bajo la acción del hombre. Sin embargo, pueden producirse deslizamientos de reducida magnitud en las zonas arcillosas.

La formación de arenas, areniscas y arcillas se considera inestable bajo la acción del hombre; también en ella pueden producirse pequeños deslizamientos en condiciones naturales.

- **Características hidrológicas**

Sus materiales se han considerado, en conjunto, semipermeables, pero presentan notables variaciones respecto a sus características de permeabilidad.

En general, el drenaje de estos terrenos se ha considerado aceptable o favorable y se efectúa por escorrentía superficial, más o menos activa, y por percolación intergranular cuando el material lo permite. Los únicos problemas hidrológicos que se dan en estos terrenos se localizan en las zonas llanas, en las que se producen algunos encharcamientos temporales.

En algunas zonas, y debido a la presencia de niveles impermeables subyacentes, es posible la existencia de un nivel freático subsuperficial, lo que acarrearía problemas de saneamiento de las mismas.

- **Características geotécnicas**

La formación de arenas, areniscas y arcillas posee una capacidad de carga, en general, media, si bien, puntualmente, puede ser alta y los asentamientos aparecen por aplicación de esas cargas serán de tipo medio. La aplicación de cargas exteriores en algunas zonas puede producir la aparición de problemas de inestabilidad.

Área II₃

En el área II₃ se han incluido los terrenos triásicos del Buntsandstein, constituidos por areniscas y conglomerados; por lo general presentan un relieve acusado.

- **Formaciones superficiales y sustratos**

Sus materiales son conglomerantes de cuarzo, cuarcitas, pizarras y areniscas de matriz arcillosa. Muestran coloraciones rojas y pardas.

Su resistencia a la erosión es alta y los recubrimientos de alteración presentan una potencia reducida, cuando existen.

- **Características geomorfológicas**

Su morfología presenta relieves intermedios y abruptos con escasas zonas llanas o muy suaves. La resistencia a la erosión de estos materiales es alta y los recubrimientos de alteración suelen tener escasa potencia o son nulos. Son terrenos estables, tanto en condiciones naturales como bajo la acción del hombre.

- **Características hidrológicas**

Sus materiales son impermeables. El drenaje de estas zonas se efectúa por escorrentía superficial, por lo general muy activa, y solamente una pequeña parte de aquél se realiza por percolación a través de fracturas.

Esta área no presenta, globalmente, problemas hidrológicos.

- **Características geotécnicas**

Sus terrenos poseen una capacidad de carga alta y los asentamientos son inexistentes. Los problemas geotécnicos que se han asignado a la formación, se refieren tan sólo a la existencia en algunas zonas de recubrimientos con unas características mecánicas inferiores y que sería aconsejable eliminar en obras de cimentación.

Área II₃

- **Formaciones superficiales y sustratos**

Esta formación comprende arcillas rojas, margas yesíferas de coloración variada y yesos. Su resistencia a la erosión es baja y en zonas de fuerte pendiente se presentan abarrancamientos muy acusados, como consecuencia de una erosión lineal intensa. Sus recubrimientos de alteración son las propias arcillas o margas. Predominan los tonos rojos y verdosos.

- **Características geomorfológicas**

Presenta una morfología con relieves que varían desde llanos a muy acusados, con zonas en las que pendientes topográficas superan el 30%. Aparecen áreas con abarrancamientos acusados, fruto de una erosión lineal intensa.

Sus características geomorfológicas son netamente desfavorables. Se consideran inestables en condiciones naturales y bajo la acción del hombre; estas características se han dado de modo general, pues en zonas llanas o de pendientes muy suaves no se producirán deslizamientos por causas naturales. Las características geomorfológicas desfavorables vienen impuestas por la plasticidad de margas y arcillas, su escasa resistencia a la erosión y la existencia de procesos de disolución de los yesos, factores que condicionan la aparición, activa o posible, de deslizamientos, hundimientos, así como la presencia de oquedades subterráneas.

- **Características hidrológicas**

Sus materiales son impermeables y las condiciones de drenaje vienen determinadas por la constitución topográfica del terreno, que será la que confiera un mayor o menor grado de escorrentía superficial.

Los problemas hidrológicos que presenta la formación que constituye esta área se concretan en dos puntos: la existencia de zonas de valle llanas en las que el drenaje resulta muy deficiente o nulo y en las que el agua que circula por estos terrenos se carga de iones sulfato que actúan como agentes corrosivos frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios.

La posibilidad de que existan acuíferos en profundidad es nula.

- **Características geotécnicas**

La capacidad de carga de los materiales que incluye esta área se considera, en conjunto, media; no obstante, en algunas zonas esta capacidad de carga puede ser baja mientras en los yesos en estado rocoso es alta. Los asentamientos que por aplicación de estas cargas se produzcan serán, en general, de tipo medio, si bien hay que tener en cuenta la posible aparición de asientos súbitos por disolución de yesos.

Las características geotécnicas de esta área son desfavorables, pues se conjugan en ella una serie de circunstancias que así hacen que se los califique. Estas circunstancias, en líneas generales responden a: una inestabilidad natural que se agrava, lógicamente, por aplicación de cargas o modificación de su configuración natural; a una capacidad de carga baja en algunas zonas; a la presencia de yesos, diseminados o masivos, que implican la posible aparición de hundimientos y asentamientos bruscos por disolución y el poder corrosivo frente a los aglomerantes hidráulicos ordinarios.

Área III₂

En el área III₂ comprende los terrenos terciarios en los que predominan materiales finos; no obstante, incluye también otros materiales, tales como areniscas, conglomerados y calizas, que poseen unas características distintas a aquellos, pero que deben estar incluidos en esta área por razones de homogeneidad de formaciones.

- Formaciones superficiales y sustratos

Comprende un conjunto de materiales variados: arcillas, margas, areniscas, conglomerados y en ocasiones, calizas. Sin embargo, la característica litológica común es el predominio de materiales finos: arcillas y margas.

Comprende diversos grupos litológicos, que se agruparán para su descripción a causa de su similitud litológica.

- **Arcillas, conglomerados y areniscas**

Está constituido por arcillas, areniscas y conglomerados, poco compactos estos dos últimos. Aparecen también niveles de margas o margacalizas blancas, pero de forma esporádica. Estos terrenos muestran en general, tonos marrón-rojizo. Su resistencia a la erosión es media o baja aunque sin embargo, no aparecen signos de una activa erosión lineal.

- **Conglomerados, margas y areniscas o conglomerados, arcillas y areniscas o areniscas, arcillas y conglomerados**

Los conglomerados y areniscas, están, por lo general, poco cementados; estos terrenos presentan una coloración roja intensa, con zonas ocreas o pardas.

Su resistencia a la erosión es baja y se observan, de forma particular, los efectos de una erosión lineal intensa en algunas zonas.

- **Margas y arcillas**

Se encuentra formada por margas y arcillas; las margas, en algunos puntos llegan a ser margacalizas blancas. La coloración de estos terrenos es variable, con tonos blancos, verdosos, grises y rojizos.

Su resistencia a la erosión es media a baja.

- **Arcillas, margas y areniscas**

Está constituida por los materiales que arriba se indican y debe tenerse en cuenta que también aparecen niveles de yesos y margas yesíferas, de tonos verdosos y potencia reducida.

Su resistencia a la erosión es baja.

- **Margas y calizas**

Está constituido por margas, margocalizas y calizas, de tonos blancos y ocre. Su resistencia a la erosión depende de la naturaleza margosa o caliza de los materiales.

La resistencia a la erosión de estos materiales es baja, destacando en el terreno los niveles más resistentes de areniscas, conglomerados o calizas. Su relieve resulta sumamente variable, existiendo zonas absolutamente llanas y zonas con pendientes topográficas superiores al 30 por ciento; aparecen abundantes abarrancamientos, fruto de una activa erosión lineal.

- **Características geomorfológicas**

La morfología de los terrenos que comprende esta área presenta relieves muy variados, existiendo zonas completamente llanas y zonas con pendientes superiores al 30%. Son frecuentes los abarrancamientos producidos por la acción erosiva de las aguas que circulan por estos terrenos.

En conjunto, sus terrenos se han supuesto estables en condiciones naturales, y bajo la acción del hombre se han considerado inestables las formaciones de margas y arcillas y arcillas, margas y areniscas. Sin embargo y de forma puntual, se han observado algún deslizamiento de reducidas dimensiones. Son relativamente frecuentes los desprendimientos de bloques de conglomerados y areniscas por descalce.

Desarrollo

- **Características hidrológicas**

Las características de permeabilidad de los materiales que incluye esta área responden a dos tipos pues se dan materiales semipermeables y materiales impermeables. También las condiciones de drenaje varían, tanto de forma global dentro de los terrenos del área como de forma puntual dentro de la misma formación; en estas condiciones de drenaje oscilan desde deficientes a favorables.

Sin caer en localizaciones muy puntualizadas, puede decirse que los terrenos que presentan un drenaje deficiente corresponden a arcillas y conglomerados; los restantes terrenos, muestran un drenaje conjunto calificado de aceptable o favorable.

- **Características geotécnicas**

Las características mecánicas responden a una capacidad de carga media; bajo la aplicación de estas cargas se producirán asentamientos de magnitud media.

De forma local, esta capacidad de carga aumenta por la presencia de conglomerados con un grado de cementación alto.

4.1.2. ESTUDIO CLIMÁTICO

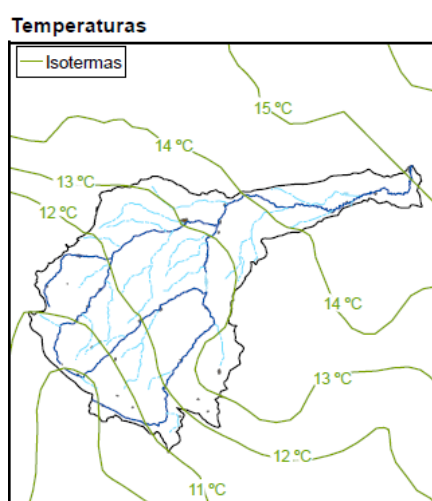
En este apartado vamos a observar los datos de las precipitaciones y las temperaturas en el tramo de estudio y su evolución temporal.

Al ser un tramo relativamente pequeño (< 60 km.) no habrá mucha variación en las precipitaciones de las distintas áreas, siendo la diferencia un poco mayor en las temperaturas, pudiendo diferenciar dos zonas principalmente, una primera zona donde el río está más encajonado por barrancos y zonas de pendientes mayores, con temperaturas menores, y una segunda con zonas más llanas y abiertas, de temperaturas mayores.

Ambas variables, tanto temperatura como precipitaciones se estudiarán a continuación:

TEMPERATURA

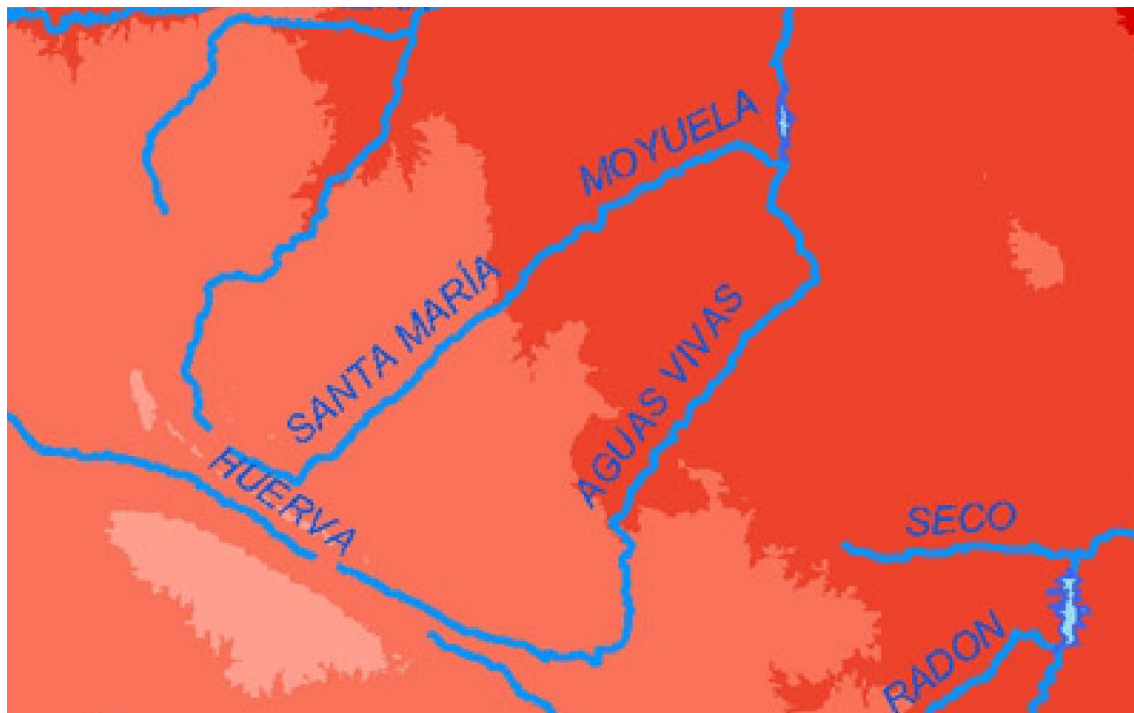
La temperatura sufre algunos cambios en la cuenca del río Aguas Vivas. La temperatura media anual de la cuenca es de 13,5°C, variando entre los 10°C en el área de la cabecera y los 15°C en el de la desembocadura, registrándose temperaturas máximas en los meses de julio y agosto, y mínimas en el mes de enero.



Temperaturas de la cuenca

Desarrollo

En el discurso del río, en el tramo de estudio, podemos diferenciar dos áreas con distintas temperaturas. Una primera zona, desde el nacimiento hasta el municipio de Huesa del Común con temperaturas medias menores y una segunda zona, desde dicho municipio hasta el embalse de Moneva, con temperaturas medias anuales un poco superiores. Estas diferencias coinciden también con la morfología del terreno. El primer tramo corresponde a zonas de mayor pendiente, con abarrancamientos, en las cuáles el río transcurre entre montañas. El segundo tramo representa el área donde el relieve se suaviza el río discurre por zonas más llanas y más abiertas. Es por tanto este relieve el responsable de las diferencias de temperatura en el tramo de estudio.



Temperaturas del tramo de estudio

Rojo Claro: 10-12 °CTª media anual

Rojo Oscuro: 12-14 °CTª media anual

Para el estudio de los datos nos encontramos con un problema, sólo se han tomado medidas de la temperatura en embalse de Moneva, y dichas medidas terminaron en el año 2000. Para el análisis lo que haremos será extrapolar los datos tomados en Daroca, que corresponden con la estación más cercana y que tiene registros desde 1949, lo que también nos permitirá ver la evolución temporal de las temperaturas.

Mes	T^a	T^aM	T^am	DD	I
Enero	4.5	9.6	-0.6	5.2	126
Febrero	5.9	11.7	0.0	5.5	154
Marzo	8.8	15.4	2.2	6.8	205
Abril	10.7	17.0	4.4	4.8	211
Mayo	15.0	21.4	8.5	3.8	247
Junio	19.7	27.0	12.5	6.5	293
Julio	23.0	30.8	15.2	14.0	342
Agosto	22.8	30.3	15.2	10.2	313
Septiembre	18.6	25.7	11.5	7.1	242
Octubre	13.7	19.8	7.6	5.9	184
Noviembre	8.3	13.5	3.0	4.8	134
Diciembre	5.3	10.0	0.5	5.2	112
Año	13.0	19.4	6.7	-	2565

Datos de temperaturas

T^a: Temperatura media mensual/anual (°C)

T^aM: Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)

T^am: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)

DD: Número medio mensual/anual de días despejados

I: Número medio mensual/anual de horas de sol

El resultado de estas mediciones, al menos a lo que a temperatura media anual se refiere coincide con los que se obtienen de las mediciones en el embalse de Moneva, donde la temperatura media anual es de 12,9 °C, por lo que podemos extrapolar estos resultados al resto del área de estudio.

Desarrollo

Se va a ver la evolución de las temperaturas máximas y mínimas desde el comienzo de los registros (1939) hasta la actualidad:

Temperaturas máximas

- **Primavera**

Desde los años 50 hasta mitad de los 70 las temperaturas máximas en primavera fueron descendiendo a ritmo de 0.84 °C/década. Llegados los 70 se produjo un cambio radical y las temperaturas máximas empezaron a aumentar a ritmo de 1.29 °C/década hasta los años 90, cuando no se paró este aumento pero se redujo a 0.60 °C/década hasta la actualidad.

- **Verano**

Las temperaturas máximas en esta estación han ido creciendo con los años, a ritmo de 0.29 °C/década desde 1950 hasta 1970 y a ritmo de 0.90 °C/década desde entonces hasta la actualidad.

- **Otoño**

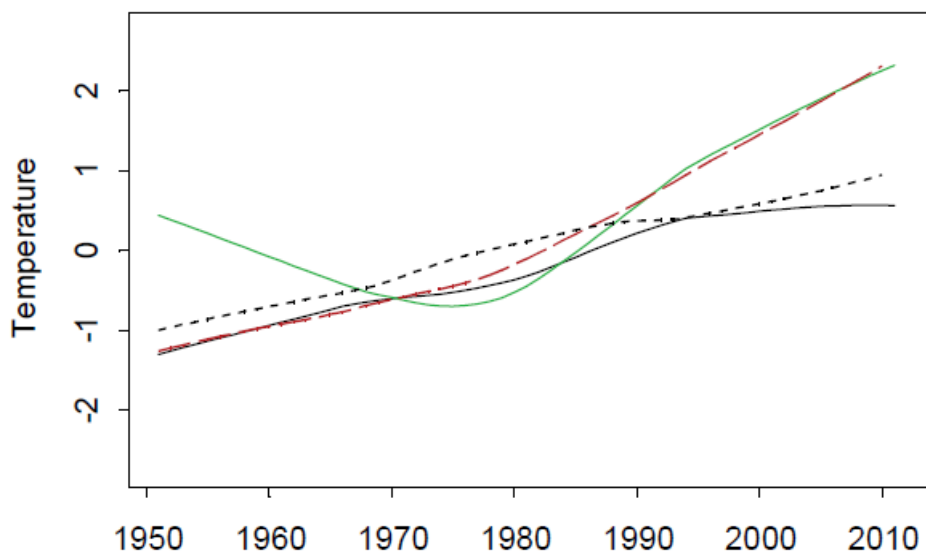
Hasta los años 70 las temperaturas máximas fueron disminuyendo a medida de 0.20 °C/década cambiando el signo y manteniéndose hasta la actualidad a nivel de 0.30 °C/década.

- **Invierno**

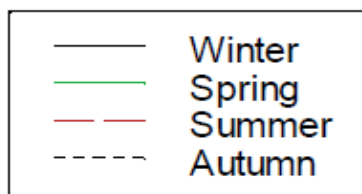
Las temperaturas máximas fueron aumentando a ritmo de 0.10 °C/década hasta mediados de los años 70, cuando se produjo un aumento a ritmo de 0.40 °C/década hasta los años 90. Desde entonces ha habido un descenso en torno a 0.13 °C/década.

Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
Años	51-60	01-10	Años	51-60	01-10	Años	51-60	01-10	Años	51-60	01-10
Tmáx	16.94	18.6	Tmáx	26.99	30.51	Tmáx	18.21	20.1	Tmáx	9.02	10.42
Dif		+1.66	Dif		+3.52	Dif		+1.89	Dif		+1.4

Evolución temperaturas máximas



Evolución temperaturas máximas



Temperaturas mínimas

- **Primavera**

Hasta 1965 se produjo una época de estabilidad tras la que continúa una fase creciente de las temperaturas mínimas de $0.50\text{ }^{\circ}\text{C/década}$.

- **Verano**

Desde los 40 hasta los 80 fueron decreciendo las temperaturas mínimas en dos proporciones diferentes, menos intensa hasta 1960 ($-0.11\text{ }^{\circ}\text{C/década}$) y un poco más intensa en la segunda mitad ($-0.28\text{ }^{\circ}\text{C/década}$). Una vez estas etapas se inicia una fase creciente ($0.26\text{ }^{\circ}\text{C/década}$) hasta la actualidad.

Desarrollo

- **Otoño**

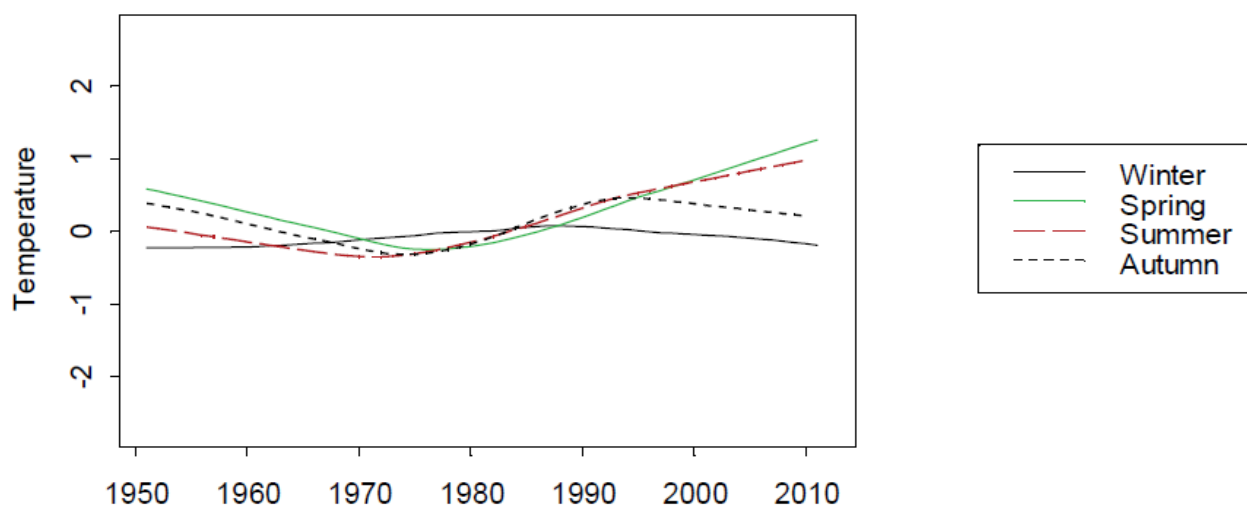
Estabilidad hasta 1970 a lo que sigue un ascenso de 1.44 °C/década hasta 1995 tras lo que se cambia la tendencia, descendiendo las temperaturas mínimas 0.20 °C/década.

- **Invierno**

Las temperaturas mínimas estuvieron creciendo las primeras décadas de registro a ritmo de 0.67 °C/década, pasando desde mitad de los 60 a los 90 por una fase de estabilidad tras la cual han descendido gradualmente 0.10 °C/década.

Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
Años	51-60	01-10	Años	51-60	01-10	Años	51-60	01-10	Años	51-60	01-10
Tmín	5.06	5.51	Tmín	13.48	14.77	Tmín	7.02	7.38	Tmín	0.01	-0.01
Dif		+0.45	Dif		+1.29	Dif		+0.36	Dif		

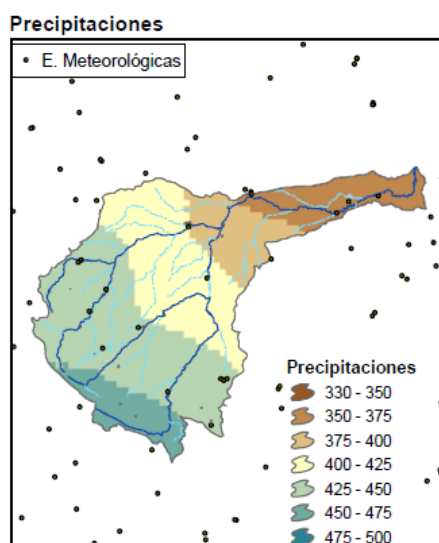
Evolución temperaturas mínimas



Evolución temperaturas mínimas

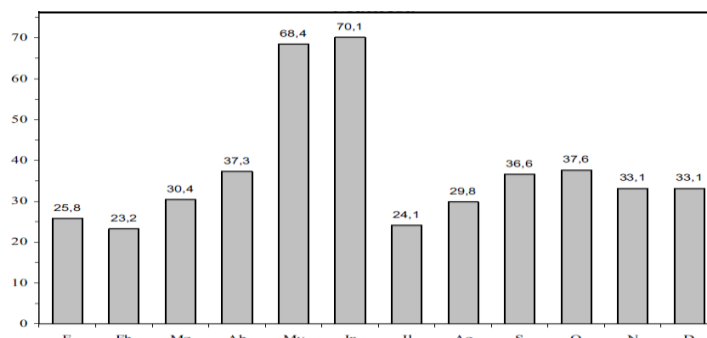
PRECIPITACIONES

En lo que a precipitaciones se refiere, todo el tramo de estudio sufre unas precipitaciones similares. No es un área en las que las lluvias sean muy elevadas, estando éstas comprendidas entre los 400 mm y los 600 mm anuales, siendo superiores en su nacimiento, que corresponde también a la zona de mayor altitud.



Precipitaciones de la cuenca

A pesar de la altura en su nacimiento, nieva muy poco y las precipitaciones son en su mayoría en forma de lluvia. Las precipitaciones tienen unas máximas coincidiendo con primavera y otoño las épocas de mayores precipitaciones e invierno y verano los mínimos, destacando mayo y junio como los meses con más lluvias (entre 50 y 70 mm) y julio y agosto como los meses con menos precipitaciones (entre 25 y 30 mm), sin descartar tormentas estivales de fuerte intensidad.



Precipitaciones anuales

Desarrollo

De esta forma queda un régimen mediterráneo de máximo muy claro a finales de primavera y principios de verano, con un máximo secundario poco señalado en otoño (septiembre, octubre y noviembre) y afectado por una fuerte continentalización, que reduce las precipitaciones caídas durante los meses de invierno, pues el enfriamiento favorece la instalación de una masa de aire pesada y estable que dificulta los movimientos ascendentes, causantes de las precipitaciones, y la llegada de perturbaciones. Esta continentalización favorece las precipitaciones de finales de primavera y principios de verano, y facilita la formación de tormentas durante todo el período estival cuando las altas presiones se debilitan, pues el calentamiento de las masas de aire por la base provoca los movimientos ascendentes que desatan estos fenómenos. Ello contribuye a suavizar algo las condiciones de fuerte sequía estival propias de los climas mediterráneos, pues coincide el momento de temperaturas más elevadas con el de menores precipitaciones. Así, en verano e invierno aparecen dos mínimos pluviométricos claros, prácticamente igualados, aunque la precipitación mensual más baja se registra en un mes invernal.

En lo que a datos concretos se refiere tenemos datos de tres puntos diferentes concretos del tramo de estudio: en Segura de Baños (cerca del nacimiento), en Huesa del Común (a mitad del tramo de estudio) y en el embalse de Moneva (fin del tramo de estudio). Las precipitaciones medias en estos puntos son las de la tabla siguiente:

Municipio	Fonfría	Segura de Baños	Huesa del Común	Embalse de Moneva
Prec. Media anual (mm)	666.93	604.94	427.24	404.55
Prec. Media diaria (mm)	1.827	1.657	1.171	1.11

Datos precipitaciones

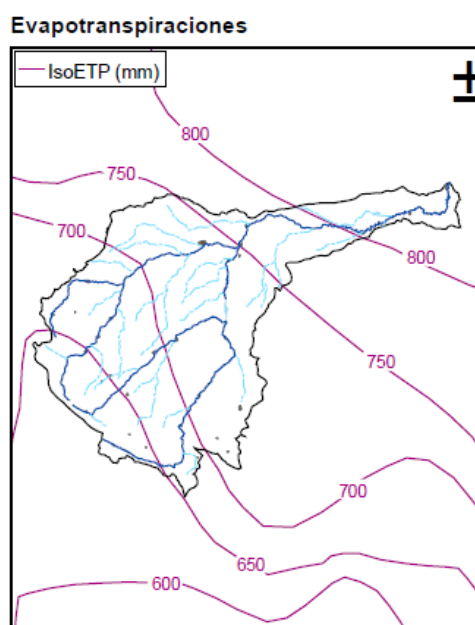
Estos datos muestran un hecho evidente: son mayores las precipitaciones en las áreas de mayor altura, que coinciden con las más montañosas y cerradas, en las que gran parte del agua aportada por estas precipitaciones va a parar al río.

Las precipitaciones de esta área pueden ser de dos tipos, duración media y poca intensidad o corta duración y gran intensidad. Esto se puede comprobar en el hecho de que los diez valores máximos de precipitación caída en 24 horas representan de media entre el 46% y el 50% de la precipitación total anual. Esto significa que en apenas 10 días casi se producen las mismas precipitaciones que en los 355 restantes.

Las máximas precipitaciones recogidas en esta área en un tramo de 24 horas en los últimos 40 años son de 90 mm.

EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración media (Figura 3) adopta valores de 750 mm/año, siendo estos valores inferiores en cabecera (entre 650 y 700 mm/año) y sensiblemente superiores (850 mm/año) en la desembocadura.



Evapotranspiración de la cuenca

Desarrollo

Los datos del embalse de Moneva son los siguientes:

	O	N	D	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	Año
Mm/día	2.7	1.3	0.7	0.7	1.3	2.3	3.2	4.1	5.8	6.9	6.2	4.4	
Mensual	83.7	39	21.7	21.7	36.4	71.3	96	127	174	214	192	132	1209

Evapotranspiración embalse Moneva

Hemos de destacar que al Etp anual alcanza cifras realmente elevadas, superiores a los 1200 mm, muy superiores a la precipitación media anual, lo que genera un importante déficit hídrico, como a continuación veremos.

	S	O	N	D	E	F	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Año
Etp	132	83.7	39	21.7	21.7	36.4	71.3	96	127	174	214	192	1209
P	49.2	33.4	33.7	32.3	26.8	32.1	32.7	41.1	54.4	47.5	23.3	33	439.5
Var. Res	0	0	0	+10.6	+5.7	-4.3	-11.4	0	0	0	0	0	
Reserva	0	0	0	10.4	15.5	11.2	0	0	0	0	0	0	
Etp	49.2	3.4	3.7	1.7	1.7	6.4	4.1	1.1	4.4	7.5	3.3	3	
Déficit	82.8	50.3	53	0	0	0	27.2	54.9	72.6	126.5	190.7	159	817
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Datos evapotranspiración embalse de Moneva

Datos en mm.

4.1.3. ESTUDIO DE FLORA Y FAUNA

FLORA

En su travesía desde que nace hasta el embalse de Moneva, el río Aguas Vivas pasa por diferentes terrenos, que pese a tener un clima muy similar, dan lugar a distintos tipos de vegetación.

La deforestación de este territorio ha provocado la disminución de superficies boscosas y un aumento de las parameras. A pesar de ello, en algunas zonas concretas surgen espacios naturales entre los que abundan los encinares, los quejigares pobres y los pinos de altitud, los cuales crecen junto a bosques lineales riparios en los cursos fluviales.

En el recorrido del río nos encontramos con:

- Bosques de frondosas perennifolias (encinar)
- Bosques de frondosas marcescentes (rebollar, quejigar)
- Parameras
- Bosque ripario

Estos grupos tienen distintas características que a continuación se detallan:

Los pinares responden mayoritariamente a repoblaciones y pueden encontrarse en todos los niveles. Los límites entre las distintas formaciones vegetales no son siempre aparentes en esta comarca. Las diferentes especies arbóreas a menudo conviven, como consecuencia de los muchos matices que resultan de las diferencias de altitudes y de orientación y con motivo también de las repoblaciones de pinos.

Bosques de frondosas perennifolias (encinares)

Los encinares o carrascales se sitúan desde los 800 hasta los 1.300 m, en ambientes soleados (solanas). Ahora sólo se mantienen en unos pocos lugares, allí donde no han sido talados o donde se encuentran en proceso de recuperación. Suelen crecer sobre suelos calizos en los que su ausencia favorece la extensión del matorral de romero, del tomillar y de sabinas y enebros. Una buena muestra de encinar es el paraje

Desarrollo

denominado «El Carrascal», situado entre Maicas y Segura de los Baños. Los encinares, debido a un uso maderero prolongado (leña, carboneo), suelen tener un porte achaparrado, como consecuencia del rebrote múltiple a partir del tocón resultante de la tala. No suelen formar bosques cerrados sino abiertos, sobre todo en aquellos lugares en los que todavía son objeto de pastoreo.

Bosques de frondosas marcescentes (quejigares)

Los quejigares son formaciones de robles marcescentes, es decir, árboles caducifolios que conservan la hoja seca a lo largo del invierno, hasta el mes de marzo. Los quejigares, en el área del encinar o a mayor altitud, ocupan los lugares más frescos de las umbrías entre los 900 y los 1300 metros. De menor distribución que los encinares, los quejigares también han sido duramente castigados por el hacha.

Parameras

Las parameras son superficies estructurales o de erosión horizontal o subhorizontal de altitud, de suelo rocoso o pedregoso, cubiertas por una escasa vegetación herbácea y arbustiva.

El intenso frío invernal, la alta insolación y los fuertes vientos hacen de las parameras lugares bastante inhóspitos, sobre todo para las plantas. Son estas unas condiciones extremas que se acusan más en los cresteríos, cumbres y altiplanos. En las partes más abrigadas existen rodales de sabinas, antaño mucho más abundantes, que crean microclimas de gran interés como refugios para especies más sensibles. La vegetación se compone de espinosas de tipo aliaga o erizones, y sobre todo de gramíneas, a modo de pasto o estepas de altura. En gran parte del Sistema Ibérico, la deforestación ha favorecido la expansión de las parameras en sustitución de formaciones arbóreas y arbustivas.

Bosque ripario

El bosque ripario ocupa estrechas bandas a orillas de los cursos de agua y sólo forma sotos de cierta extensión en algunos enclaves privilegiados de los principales ríos. Uno de los mejores ejemplos de sitúa en el río de Aliaga o Val de Jarque, entre Cobatillas y Santa Bárbara. El soto o bosque de ribera se compone de chopos (*Populus nigra*), álamos (*Populus alba*) y sauces (*Salix* varios). En tramos estrechos, de forma natural, existen orlas de sauces. En muchos tramos de ríos, los cultivos han sustituido al bosqueripario y en su lugar han sido plantados los famosos «chopos cabeceeros» que marcan con sus hileras regulares los fondos de los valles. Son ambientes húmedos y llenos de verdor que contrastan con los roquedos y las parameras que atraviesan.

Árboles monumentales

En la Guía de árboles monumentales de Aragón figuran algunos ejemplares de esta comarca. El ciprés de Arizona del paraje Jordán de Huesa del Común, de gran altura; la Hiedra de Segura de los Baños-Maicas, por su tamaño impresionante; el fresno del estrecho de Maicas, por su belleza y rareza.

Desarrollo



Ciprés de Arizona de Huesa del Común

FAUNA

La zona de estudio presenta varias ventajas para la presencia de la fauna y algunos inconvenientes. Como principal ventaja, esta zona cuenta con inmensos espacios de difícil penetración y con una presión humana baja, garantizando el aislamiento y la tranquilidad necesarios para muchas especies. En contrapartida, el territorio ha sido castigado por la deforestación, el pastoreo, la transformación agraria y la extracción minera.

Así, los hábitats presentes pueden ser óptimos para determinadas especies como el buitre leonado o la cabra montés, cuyas poblaciones gozan de buena salud.

Las parameras, también albergan interesantes poblaciones de aves esteparias (alondra de Dupont, ortega). Para otras especies, aunque el medio puede ser el adecuado, la situación resulta muy comprometida, como es el caso del águila perdicera o

del alimoche, como consecuencia de una disminución general en todo su ámbito geográfico.

Algunas especies se mantienen en condiciones más o menos adecuadas, pero la fragilidad del hábitat las hace muy vulnerables, como ocurre con la nutria.

Anfibios

Los anfibios mediterráneos están bien adaptados al terreno, sabiendo aprovechar perfectamente los puntos de agua existentes (fuentes, balsas, depósitos, charcas, abrevaderos, etc.) y los débiles caudales del río. La rana común, el sapo corredor, el sapo de espuelas, el sapo partero, el sapo común y el sapillo moteado son especies de amplia distribución peninsular, bien adaptados a los ambientes secos y presentes de este área.

Reptiles

Los ambientes cálidos y soleados son propicios para los reptiles, capaces también de adaptación a la altitud. La víbora hocicuda, por ejemplo, frecuenta las altas parameras. Al contrario, la lagartija colilarga prefiere ambientes más bajos de matorral mediterráneo, al igual que la culebra bastarda. Igualmente tienen una amplia distribución la lagartija ibérica, la culebra de escalera, la culebra lisa meridional y el eslizón ibérico.

Aves

La dominancia de amplias zonas abiertas y de abundantes roquedos favorece la existencia de las aves esteparias y de las aves rupícolas, frente a las aves de zonas boscosas y matorral denso.

Desarrollo

Entre las aves esteparias figuran los aláudidos, collalbas y pardillos, pero también el alcaraván y las ortegas. Entre las rupícolas figuran el vencejo real, los aviones roqueros y el roquero solitario o la collalba negra. Las aves rapaces son las más espectaculares, destacando las numerosas colonias de buitre leonado, el búho real, el águila real, halcón peregrino y cernícalo.

También sobreviven varias parejas de águila perdicera, un ave gravemente amenazada en Aragón.

Mamíferos

El área es zona de expansión de la cabra montés. En las hoces del río Guadalupe todavía viven nutrias. Todas las áreas boscosas y de matorral son frecuentadas por el jabalí. El zorro está representado en toda la zona, al igual que la comadreja. En los valles habita el tejón. También son comunes la garduña y la jineta, y en las zonas más apartadas está presente el gato montés.

Los roquedos y sus oquedades así como las cuevas favorecen la presencia de murciélagos. Los pinares son frecuentados por la ardilla y el lirón careto. Los conejos viven en las zonas más bajas, mientras que las liebres pueden ser encontradas en las parameras. Antiguamente vivieron el lobo y el lince.

Peces

La trucha común, por ejemplo, presenta una gran capacidad de adaptación. Se encuentra en la cabecera del río Aguasvivas, un hábitat adecuado con aguas corrientes frías y bien oxigenadas, que no sobrepasen nunca los 25º de temperatura. En unos pocos lugares, comparte hábitat con poblaciones relictas de cangrejo de río común. Estos ríos, también son hábitat del barbo colirrojo, de la bermejuela, madrilla y gobio. La introducción de especies foráneas es catastrófica para la supervivencia de estas especies autóctonas y a los embalses están llegando especies como la carpa, el pez gato e incluso la lucioperca.

Invertebrados

La ausencia de agricultura intensiva favorece el mantenimiento de las comunidades de invertebrados y en particular de las mariposas, en franca regresión en numerosas comarcas aragonesas. La comunidad de invertebrados, poco estudiada, ofrece un amplio campo de investigaciones, en cuanto al aislamiento biogeográfico y la adaptación al medio de altitud y a las parameras. Es posible, por ejemplo, que el mantenimiento de la ganadería ovina, caprina y vacuna extensiva favorezca el mantenimiento de las especies de escarabajos peloteros, en franca regresión en todo el territorio nacional y en el contexto europeo.

4.1.4. ESTUDIO DE POBLACIÓN

El río Aguas Vivas nace cerca del municipio de Allueva y tiene un embalse a mitad de su trayectoria hacia el río Ebro una vez ya pasado el municipio de Moneva. En este recorrido de más de 50 kilómetros pasa también por los municipios de Huesa del Común y de Blesa, y muy cerca de los municipios de Salcedillo, Segura de Baños y Maicas.

La población de todos estos varios municipios será la que más afectada se vea por una posible crecida. Aunque son poblaciones en las que el nivel de población varía de forma muy drástica durante el año, estando muy pocas personas en invierno y bastante más en verano, tampoco en verano, pese a triplicar o cuadruplicar el número de personas censadas, el número de personas es muy importante, comparado con otras localidades próximas como Montalbán o Utrillas por ejemplo.

De todos modos se va a estudiar la población de estos municipios según los datos de población censada, ya que aunque como ya se ha dicho, pueden variar mucho durante el año, son los únicos datos reales que tenemos.

Desarrollo

Municipio	Personas Censadas (2014)	Personas censadas (2013)
Allueva	15	15
Salcedillo	10	10
Segura de Baños	39	40
Maicas	35	36
Huesa del Común	73	82
Blesa	109	118
Moneva	111	116
TOTAL	392	417

Censo municipios

Como ya se ha dicho, es poca la población de estos municipios, que en conjunto se ven muy superados por municipios cercanos: Montalbán (1335), Utrillas (3194), Muniesa (638), Martín del Río (437), Lécera (730) o Azuara (630).

Otro de los aspectos que se puede observar es el descenso de población censada, ya que son municipios donde esta población es gente de avanzada edad ya, siendo la gente joven censada escasa o nula.

A continuación se va a realizar un estudio detallado de cada municipio donde señalaremos la evolución de población con el paso de los años, su distribución por sexos, una pirámide de población y algunos índices de población.



Población

ALLUEVA**Distribución temporal de la población**

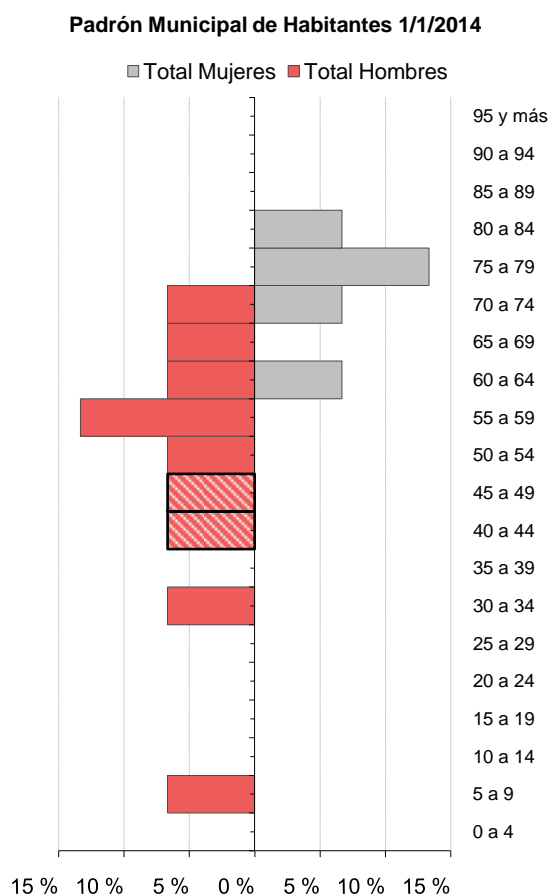
Año	1900	1950	1981	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Población	216	159	9	16	15	23	21	15	15
Evolución		-26.39	-94.34	+77.78	-6.25	+53.33	-8.70	-28.57	0

*Censo Allueva***Distribución por sexo, edad y pirámide poblacional****Total población**

Edad	Ambos Sexos	Hombre	Mujer
0 a 4	0	0	0
5 a 9	1	1	0
10 a 14	0	0	0
15 a 19	0	0	0
20 a 24	0	0	0

Desarrollo

25 a 29	0	0	0
30 a 34	1	1	0
35 a 39	0	0	0
40 a 44	1	1	0
45 a 49	1	1	0
50 a 54	1	1	0
55 a 59	2	2	0
60 a 64	2	1	1
65 a 69	1	1	0
70 a 74	2	1	1
75 a 79	2	0	2
80 a 84	1	0	1
85 a 89	0	0	0
90 a 94	0	0	0
95 y más	0	0	0
Total general	15	10	5



Pirámide Pob. Allueva

Población Allueva

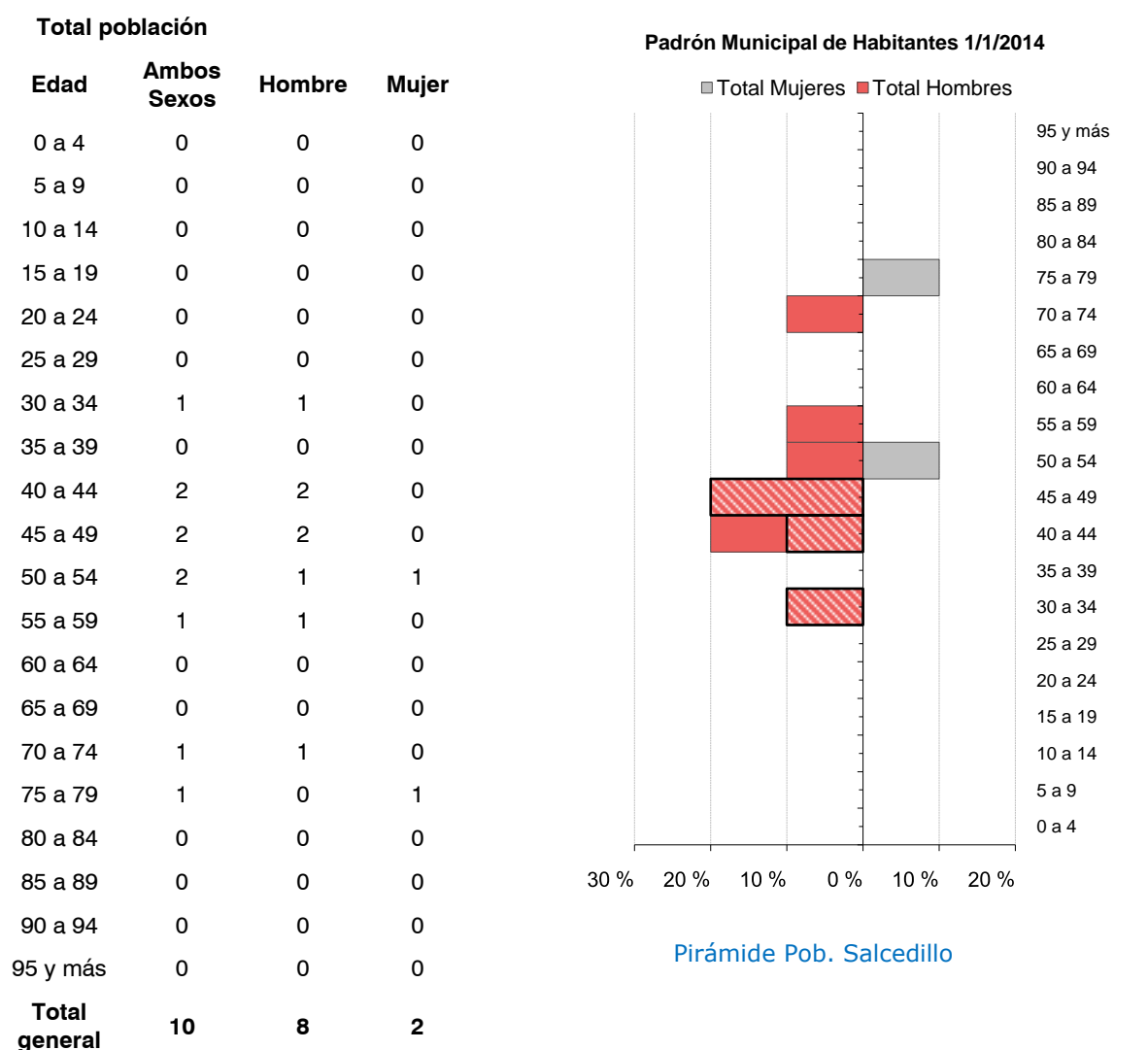
Edad Media % Población mayor 65 años Tasa Global de Dependencia

$$57.67 \text{ AÑOS} \quad \% P_{65 \text{ y más}} = \frac{6}{15} \times 100 = 40\% \quad TG_{dep} = \frac{7}{8} \times 100 = 87.5\%$$

SALCEDILLO

Distribución temporal de la población

Año	1900	1950	1981	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Población	155	102	9	7	8	8	10	10	10
Evolución		-34.19	-91.18	-22.22	+14.29	0	+25.0	0	0

*Censo Salcedillo***Distribución por sexo, edad y pirámide poblacional***Pirámide Pob. Salcedillo*

Población Salcedillo **Edad Media% Población mayor 65 añosTasa**
Global de Dependencia

$$52 \text{ AÑOS} \quad \% P_{65 \text{ y más}} = \frac{2}{10} \times 100 = 20\%$$

$$TG_{dep} = \frac{2}{8} \times 100 = 25\%$$

Desarrollo



Salcedillo

SEGURA DE BAÑOS

Distribución temporal de la población

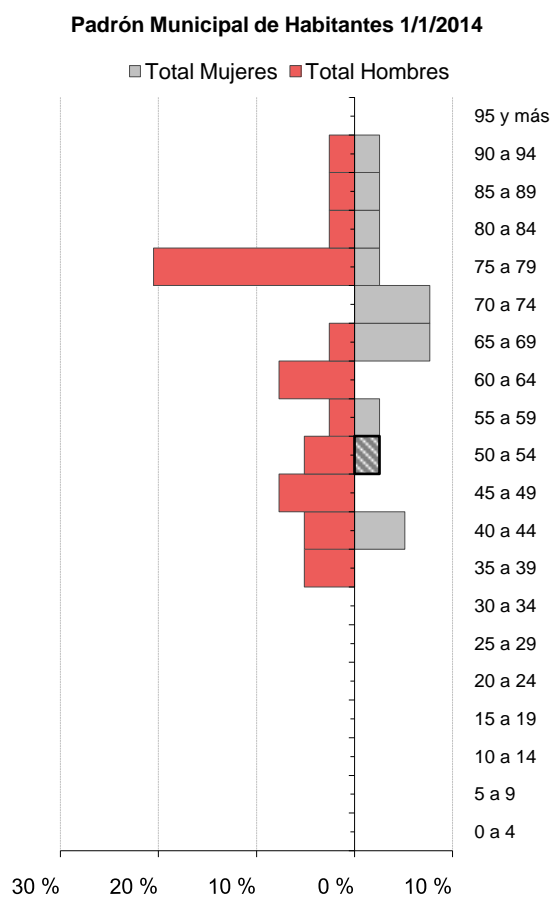
Año	1900	1950	1981	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Población	795	538	96	50	40	39	40	40	39
Evolución		-32.33	-82.16	-47.92	-20.00	-2.5	+2.56	0	-2.5

Censo Segura de Baños

Distribución por sexo, edad y pirámide poblacional

Total población

Edad	Ambos Sexos	Hombre	Mujer
0 a 4	0	0	0
5 a 9	0	0	0
10 a 14	0	0	0
15 a 19	0	0	0
20 a 24	0	0	0
25 a 29	0	0	0
30 a 34	0	0	0
35 a 39	2	2	0
40 a 44	4	2	2
45 a 49	3	3	0
50 a 54	3	2	1
55 a 59	2	1	1
60 a 64	3	3	0
65 a 69	4	1	3
70 a 74	3	0	3
75 a 79	9	8	1
80 a 84	2	1	1
85 a 89	2	1	1
90 a 94	2	1	1
95 y más	0	0	0
Total general	39	25	14



Pirámide Pob. Segura de Baños

Población Segura de Baños**Edad Media% Población mayor 65 añosTasa Global de Dependencia**

$$65.08 \text{ AÑOS } \% P_{65 \text{ y más}} = \frac{22}{39} \times 100 = 56.41\% \quad TG_{\text{dep}} = \frac{22}{17} \times 100 = 129.41\%$$

MAICAS

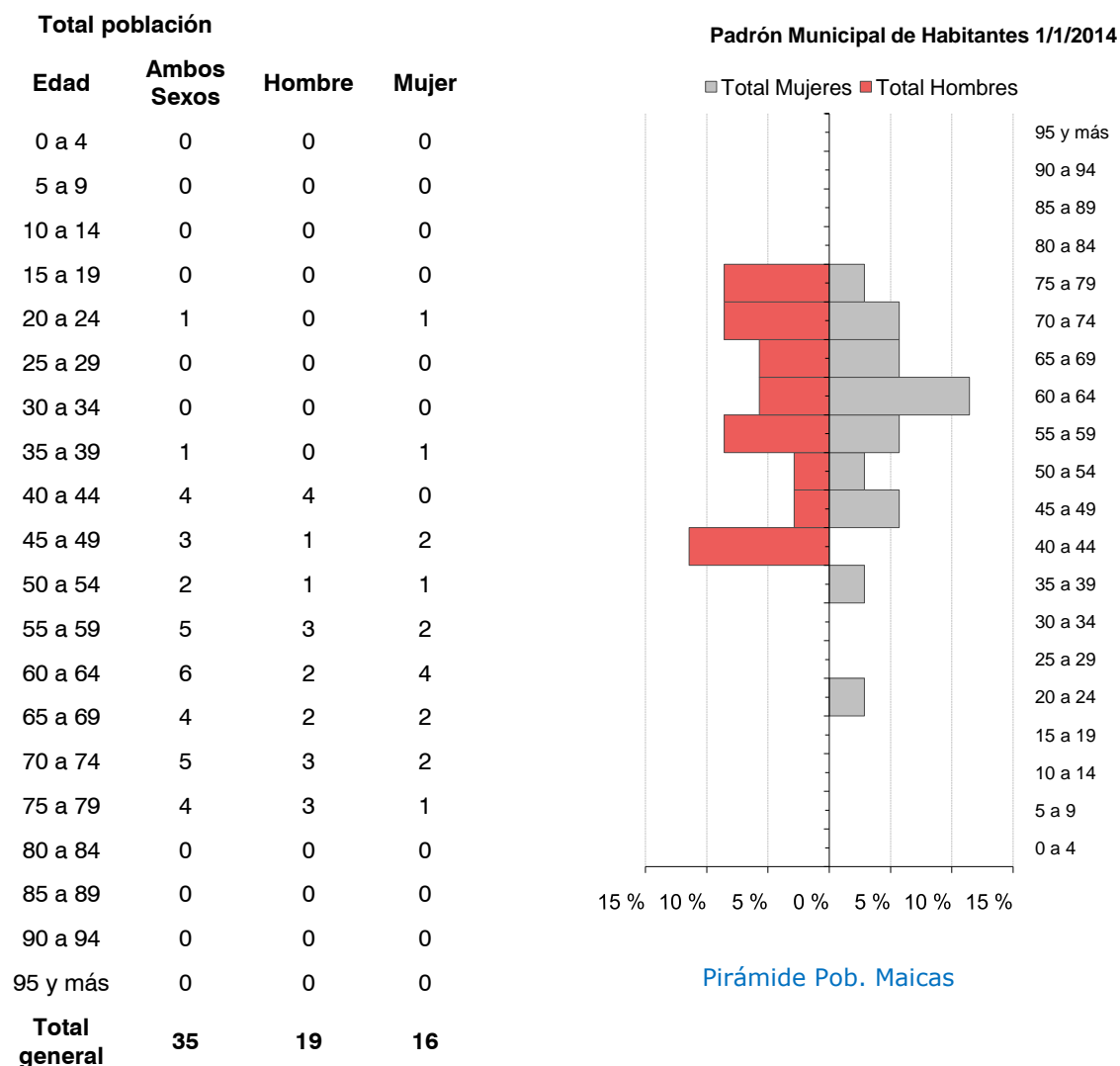
Desarrollo

Distribución temporal de la población

Año	1900	1950	1981	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Población	391	277	27	35	42	39	38	36	35
Evolución		-29.16	-90.25	+29.63	-20.0	-7.14	-2.56	-5.26	-2.78

Censo Maicas

Distribución por sexo, edad y pirámide poblacional



Población Maicas Edad Media% Población mayor 65 añosTasa Glo-

bal de Dependencia

$$59 \text{ AÑOS } \% P_{65 \text{ y más}} = \frac{13}{35} \times 100 = 37.14\% \quad TG_{\text{dep}} = \frac{13}{22} \times 100 = 59.09 \%$$



Maicas

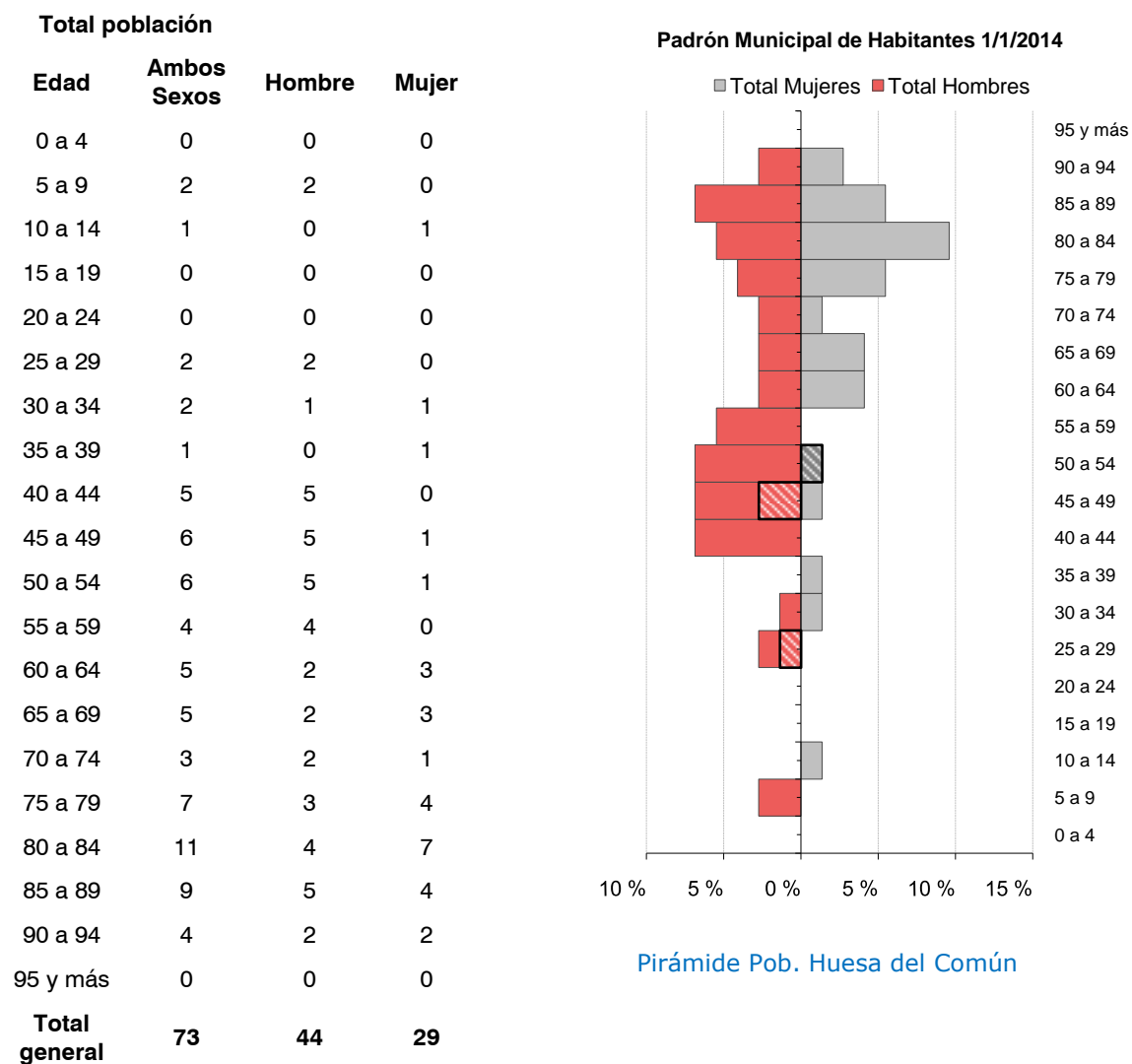
HUESA DEL COMÚN

Distribución temporal de la población

Año	1900	1950	1981	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Población	1284	824	230	135	90	92	86	82	73
Evolución		-35.83	-72.09	-41.30	-33.33	+2.22	-6.52	-4.65	-10.98

Censo Huesa del Común

Distribución por sexo, edad y pirámide poblacional



Población Huesa del Común

Edad Media% Población mayor 65 añosTasa Global de Dependencia

$$63.92 \text{ AÑOS} \% P_{65 \text{ y más}} = \frac{39}{73} \times 100 = 53.42\% \quad TG_{dep} = \frac{42}{31} \times 100 = 135.48\%$$

BLESA

Distribución temporal de la población

Año	1900	1950	1981	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Población	1325	973	215	156	121	132	125	118	109
Evolución (%)		-26.57	-77.90	-27.44	-22.44	+9.09	-5.30	-5.6	-7.63

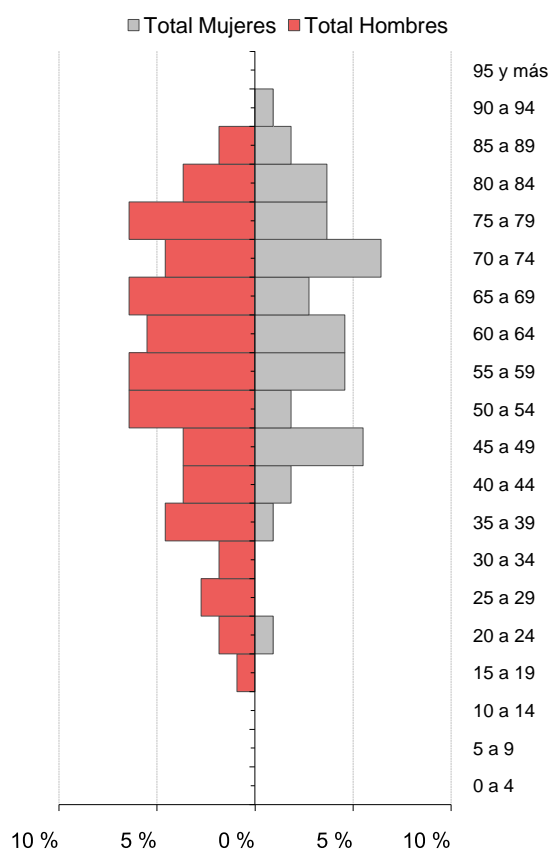
Censo Blesa

Distribución por sexo, edad y pirámide poblacional

Total población

Edad	Ambos Sexos	Hombre	Mujer
0 a 4	0	0	0
5 a 9	0	0	0
10 a 14	0	0	0
15 a 19	1	1	0
20 a 24	3	2	1
25 a 29	3	3	0
30 a 34	2	2	0
35 a 39	6	5	1
40 a 44	6	4	2
45 a 49	10	4	6
50 a 54	9	7	2
55 a 59	12	7	5
60 a 64	11	6	5
65 a 69	10	7	3
70 a 74	12	5	7
75 a 79	11	7	4
80 a 84	8	4	4
85 a 89	4	2	2
90 a 94	1	0	1
95 y más	0	0	0
Total general	109	66	43

Padrón Municipal de Habitantes 1/1/2014



Pirámide Pob. Blesa

Población Blesa

Edad Media% Población mayor 65 añosTasa Global de Dependencia

$$59.48 \text{ AÑOS} \% P_{65 \text{ y más}} = \frac{46}{109} \times 100 = 42.20\% \quad TG_{\text{dep}} = \frac{46}{63} \times 100 = 73.02 \%$$



Blesa

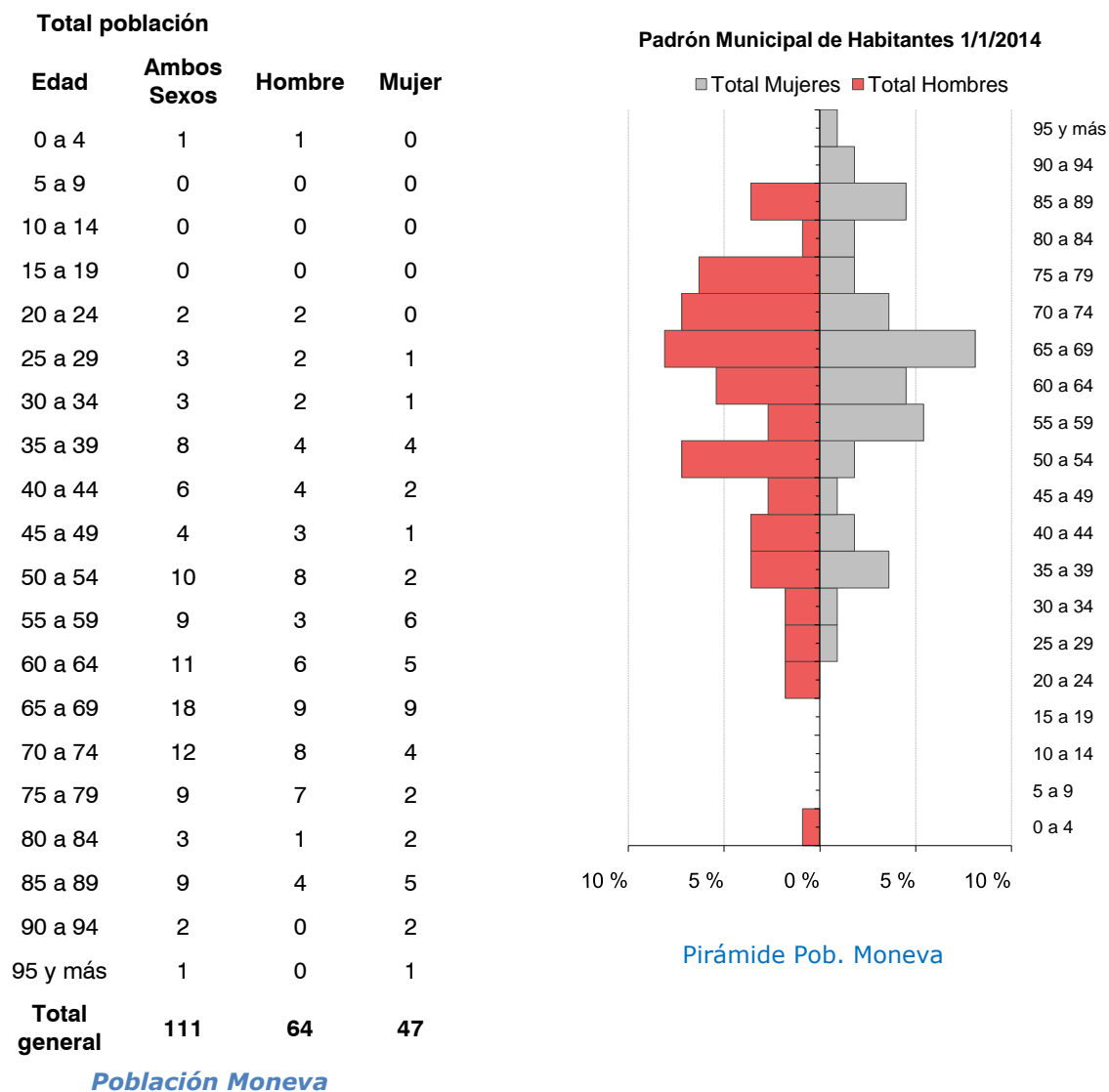
MONEVA

Distribución temporal de la población

Año	1900	1950	1981	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Población	636	735	72	145	122	129	117	116	111
Evolución (%)		+15.57	-90.20	+101.39	-15.86	+5.74	-9.30	-0.85	-4.31

Censo Moneva

Distribución por sexo, edad y pirámide poblacional



Edad Media% Población mayor 65 añosTasa Global de Dependencia

$$60.77 \text{ AÑOS} \% P_{65 \text{ y más}} = \frac{54}{111} \times 100 = 48.65\% \quad T G_{\text{dep}} = \frac{55}{56} \times 100 = 98.21 \%$$

4.1.5. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

Toda la zona de estudio está situada en la comunidad autónoma de Aragón, perteneciendo casi todo el tramo a la provincia de Teruel, menos la zona más cercana al embalse de Moneva que pertenece a Zaragoza. Las comarcas que atraviesa el río en su recorrido son las de Jiloca, Cuencas Mineras y Campo de Belchite, a las cuales pertenecen los municipios de Allueva (Jiloca), Salcedillo, Segura de Baños, Maicas, Huesa del Común y Blesa (Cuencas Mineras) y Moneva (Campo de Belchite).

En el aspecto económico es de destacar que la media de edad en estos pueblos es alta, lo que significa que un alto porcentaje de los habitantes son personas ya jubiladas, por lo que el número de personas con trabajo es bastante bajo en algunos municipios respecto a la población total.

La economía de la zona es principalmente agrícola, y dentro de este sector hemos de destacar la importancia de la agricultura de secano, principalmente de cereales (cebada, trigo y avena principalmente). También hemos de destacar superficies de olivo y almendro.

El organismo encargado del control de estas zonas es la junta de explotación nº7 del Ebro. Ella recoge las distintas comunidades de regantes que hay y el área que ocupan. Las comunidades afectadas hasta el embalse de Moneva son las siguientes:

	Área (ha)
Comunidad de regantes de Blesa	31.08
Comunidad de regantes de Cortes de Aragón	4.52
Comunidad de Regantes San Miguel de Huesa del Comun	237.40
Comunidad de regantes de Moneva	49.05

Ha Comunidades de regantes

La industria está poco desarrollada y como mucho se puede encontrar alguna pequeña industria familiar o de escaso número de trabajadores.

El sector servicios, salvo en Segura de Baños, tiene escaso desarrollo. La zona no presenta un desarrollo turístico importante y no se caracteriza por haber desarrollado algún subsector específico dentro de los servicios. Corresponde este sector a los bares y/o centros culturales de cada pueblo, dirigidos habitualmente por personas o familias del propio pueblo.

En Segura de Baños es de destacar la presencia de un balneario, un complejo de aguas mineromedicinales, que terminó su reconstrucción hace tres años pero permanece sin actividad ya que, en su momento, quedó desierta la adjudicación de su explotación, sin que haya habido cambios hasta la fecha.



Balneario de Segura



Molino Cueva 1

históricas del río Aguas Vivas.

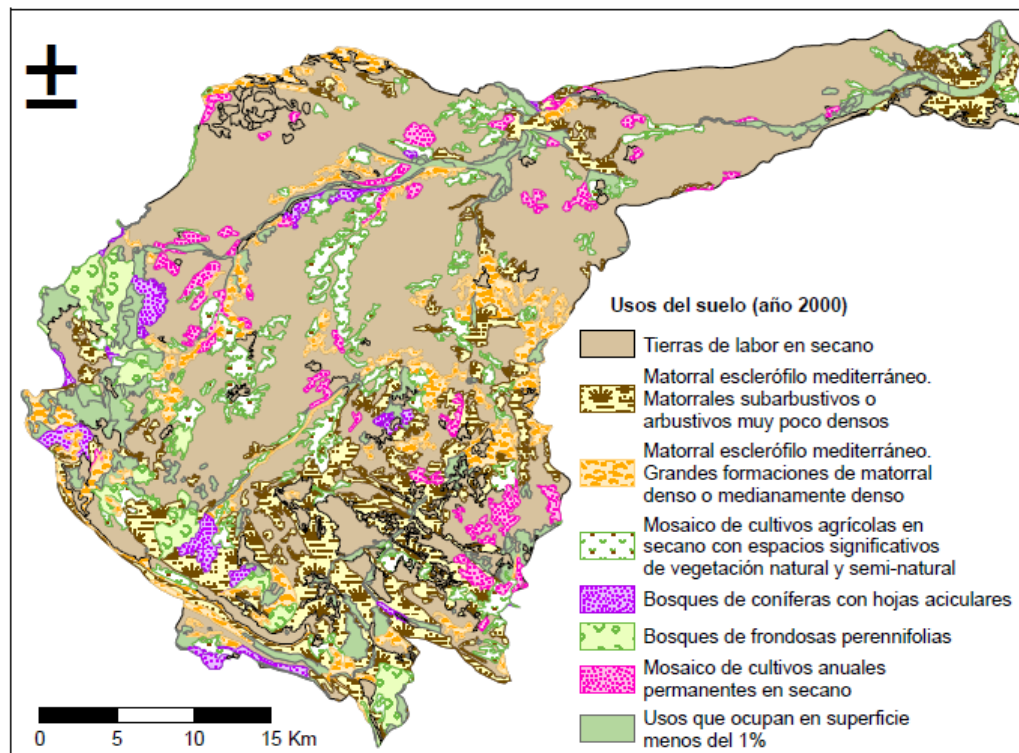
En toda la cuenca del río no hay ninguna central hidroeléctrica en funcionamiento debido principalmente al escaso caudal del cauce principal y de sus afluentes. No obstante, existe la central del Molino Cueva (T.M. de Ble-sa) con una potencia de 9 kw y una producción nula, convertida actualmente en museo didáctico y centro de interpretación de la ruta de las presas



Molino Cueva 2

4.1.6. ESTUDIO DE USOS DEL SUELO

La cuenca del río Aguas Vivas presenta mayoritariamente una ocupación del terreno dominada por tierras de labor en secano (67,5 % de toda la cuenca), matorral (15,3 %) de varios tipos, y en lo que respecta al regadío (5,1 %), dadas las escasas aportaciones y disponibilidad de recursos hídricos, los cultivos existentes se pueden considerar de secano. La zona de las cabeceras está dominada por el bosque de coníferas, de frondosas (4,5 %) y matorral.



Usos del suelo cuenca

En el tramo de estudio la tierras de labor de secano es menor que en el resto de la cuenca, dada la orografía del terreno, coincidiendo también con la zona donde más variedad de vegetación hay. En el tramo desde el nacimiento del río hasta el municipio de Huesa del Común, el río discurre encerrado entre montañas, lo que dificulta el uso de los terrenos para su cultivo.

Si se estudian más en concreto los usos del suelo de los municipios por los que transcurre el río en el tramo de estudio los resultados son los siguientes:

ALLUEVA

Descripción	Superficie (has)
Tejido urbano continuo	2.68
Tierras de labor en secano	438.71
Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	180.86
Caducifolias y marcescentes	130.72
Bosques de coníferas con hojas aciculares	419.54
Bosque mixto	100.87
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	291.43
Matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos	161.47
Matorral boscoso de frondosas	8.56
Matorral boscoso de bosque mixto	136.18

Leyenda

Zonas urbanas

Bosques



Usos de suelo Allueva

Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea

Tierras de labor

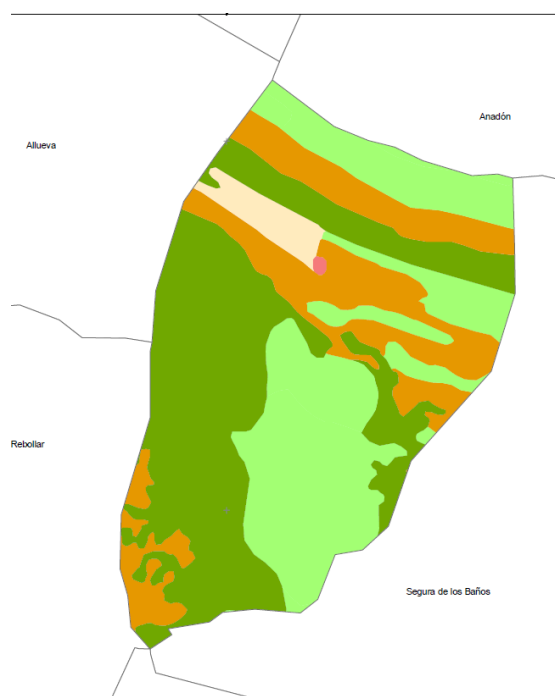
Zonas agrícolas heterogéneas

SALCEDILLO

Desarrollo






Descripción	Superficie (has)
Tejido urbano continuo	2.52
Tierras de labor en secano	377.01
Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	51.29
Bosques de coníferas con hojas aciculares	680.30
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	115.27
Matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos	8.84
Matorral boscoso de frondosas	360.03
Matorral boscoso de coníferas	85.99
Matorral boscoso de bosque mixto	3.65

Usos de suelo Salcedillo



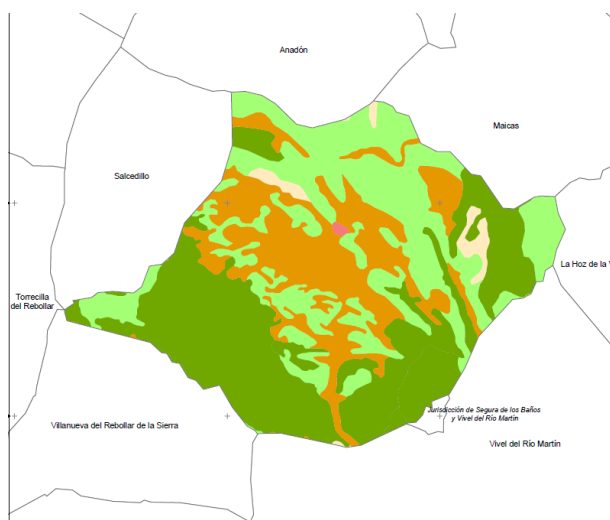
Usos de suelo Salcedillo

Leyenda

Zonas urbanas	
Bosques	
Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea	
Tierras de labor	
Zonas agrícolas heterogéneas	

Desarrollo

SEGURA DE LOS BAÑOS



Usos de suelo Segura de Baños

Leyenda

Zonas urbanas



Bosques



Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea



Tierras de labor



Zonas agrícolas heterogéneas



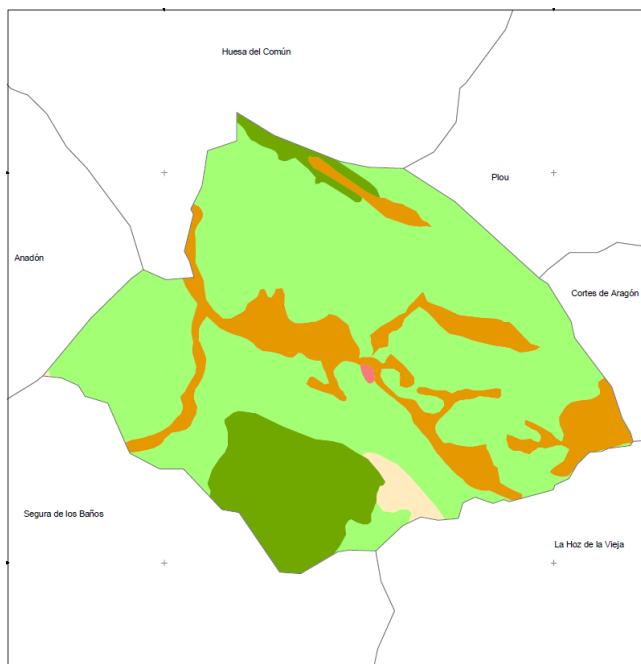
Descripción	Superficie (has)
Tejido urbano continuo	8.80
Tierras de labor en secano	1287.94
Cultivos herbáceos en regadío	33.44
Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	114.37
Perennifolias	386.62
Caducifolias y marcescentes	27.03
Mezcla de frondosas	162.19
Bosques de coníferas con hojas aciculares	1513.81
Bosque mixto	40.00
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	603.48
Matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos	531.85
Matorral boscoso de frondosas	314.54
Matorral boscoso de coníferas	236.31
Matorral boscoso de bosque mixto	157.79

Desarrollo

Usos de suelo Segura de Baños






MAICAS

Descripción	Superficie (has)
Tejido urbano continuo	3.19
Tierras de labor en secano	357.68
Cultivos herbáceos en regadío	28.36
Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	39.60
Perennifolias	289.43
Bosques de coníferas con hojas aciculares	37.80
Otros pastizales mediterráneos	37.47
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	133.42
Matorrales subarborescentes o arbustivos muy poco densos	1267.51
Matorral boscoso de frondosas	9.82
Matorral boscoso de coníferas	269.19



Usos de suelo Maicas

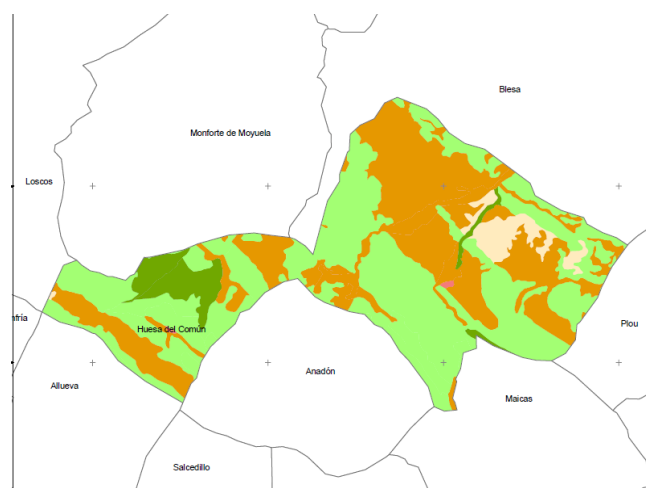
Leyenda

Zonas urbanas	
Bosques	
Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea	
Tierras de labor	
Zonas agrícolas heterogéneas	

Usos de suelo Maicas

HUESA DEL COMÚN

Descripción	Superficie (has)
Tejido urbano continuo	9.26
Tierras de labor en secano	1221.79
Cultivos herbáceos en regadío	257.40
Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	235.56
Perennifolias	189.89
Bosques de ribera	31.33
Bosques de coníferas con hojas aciculares	110.64
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	333.10
Matorrales subarborescentes o arbustivos muy poco densos	2635.06
Matorral boscoso de frondosas	136.32
Matorral boscoso de coníferas	108.75



Usos de suelo Huesa del Común

Leyenda

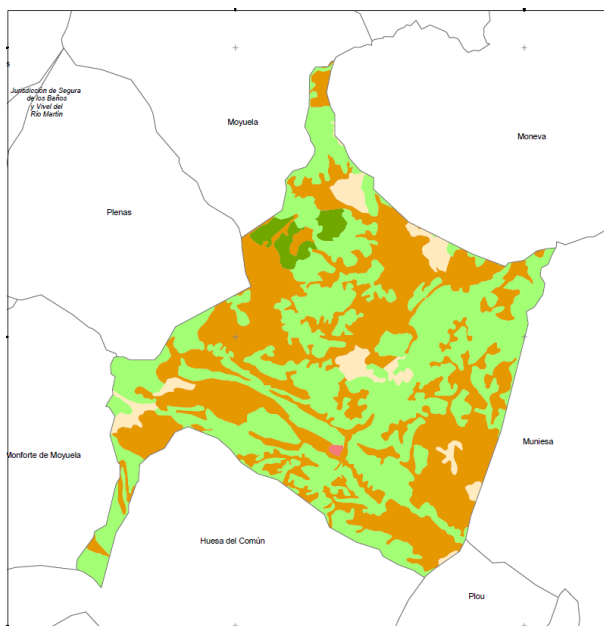
Zonas urbanas	
Bosques	
Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea	
Tierras de labor	
Zonas agrícolas heterogéneas	

Usos de suelo Huesa del Común

BLESA

Descripción	Superficie (has)
Tejido urbano continuo	9.68
Tierras de labor en secano	3640.29
Cultivos herbáceos en regadío	34.70
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano	216.37
Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significati- vos de vegetación natural y semi-natural	153.95
Bosques de coníferas con hojas aciculares	168.41
Grandes formaciones de mato- rral denso o medianamente denso	571.47
Matorrales subarbustivos o ar- bustivos muy poco densos	2818.56
Matorral boscoso de coníferas	433.66

Usos de suelo Blesa



Usos de suelo Blesa

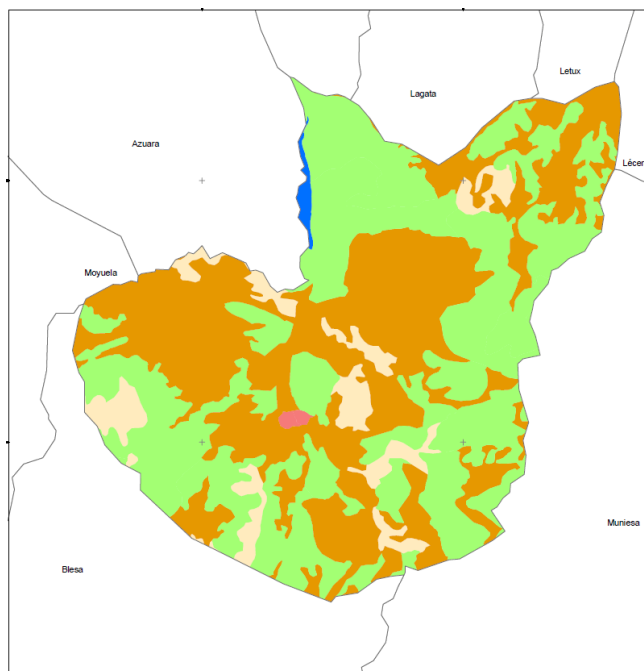
Leyenda

- Zonas urbanas
- Bosques
- Espacios de vegetación arbustiva y/o
herbácea
- Tierras de labor
- Zonas agrícolas heterogéneas

MONEVA

Descripción	Superficie (has)
Tejido urbano continuo	7.18
Estructura urbana abierta	9.49
Tierras de labor en secano	2681.20
Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano	61.24
Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y semi-natural	394.68
Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso	1661.44
Matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos	1210.43
Matorral boscoso de frondosas	82.01
Matorral boscoso de coníferas	2.57
Embalses	31.43

Usos de suelo Moneva



Usos de Suelo Moneva

Leyenda

Zonas urbanas	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: red;"></div>
Bosques	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: darkgreen;"></div>
Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: lightgreen;"></div>
Tierras de labor	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: orange;"></div>
Zonas agrícolas heterogéneas	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: yellow;"></div>
Aguas continentales	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: blue;"></div>

4.1.7. CONCLUSIONES

En los apartados anteriores, se han realizado distintos estudios de los terrenos que atraviesa el río, y se han determinado unos tipos de suelo en función de la coincidencia de diversos aspectos con otros: geología, vegetación y usos del suelo. No han afectado para esta diferenciación de suelos ni la población ni el estudio socioeconómico, que sin embargo sirven para mostrar las posibles personas afectadas por una inundación según las distintas zonas, así como los daños causados. El clima tampoco nos ha influido en la determinación de distintos tipos de suelo ya que las precipitaciones son similares en toda la cuenca, y las diferencias que pudieran surgir por las distintas temperaturas son mínimos, al menos en lo que al fin del estudio se refiere.

Una vez ya señalados los distintos apartados, se va a proceder a la modelización del terreno para determinar las áreas de inundabilidad según las distintas lluvias.

4.2. MODELIZACIÓN BIDIMENSIONAL

Antes de realizar la modelización del área de estudio a fin de determinar las zonas de inundabilidad, es necesario hablar primero del programa que se va a utilizar para ello "Iber", así como hablar de la procedencia de los distintos datos cartográficos que se van a usar y las distintas condiciones que se deben introducir en el programa antes de la modelización para que ésta se pueda llevar a cabo: usos de suelo y condiciones hidrodinámicas.

De esta forma el apartado de modelización bidimensional se va a dividir en:

- Presentación del programa Iber: introducción al programa y descripción de la forma de resolución de los problemas de modelización.
- Datos: tipos de datos disponibles y origen de los datos que se van a usar.
- Usos del suelo: SIOSE
- Condiciones hidrodinámicas
- Modelización en base a cartografía LIDAR
- Modelización en base a cartografía ASTER
- Conclusiones tras las modelizaciones

4.2.1. *IBER*

Introducción

Iber es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en el marco de un Convenio de Colaboración suscrito entre el CEDEX y la Dirección General del Agua, y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (de la universidad de A Coruña UDC), el grupo FLUMEN (de la Universidad Politécnica de Cataluña UPC y de la Universidad de Barcelona UB) y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE (vinculado a la Universidad Politécnica de Cataluña UPC).

Iber es una herramienta de modelización bidimensional del flujo en lámina libre de aguas poco profundas. Entre sus campos de aplicación se encuentran:

- Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales
- Evaluación de zonas inundables
- Cálculo de las zonas de flujo preferente
- Cálculo hidráulico de encauzamientos
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios
- Estabilidad de los sedimentos del lecho
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular

Las características principales del modelo Iber son:

- Resolución integrada de las ecuaciones de Saint-Venant en 2D con esquemas explícitos en volúmenes finitos con mallas no estructuradas. Capacidad de resolver flujo subcrítico y supercrítico, incluyendo resaltos hidráulicos móviles.
- Mojado y secado del dominio con la conservación exacta del volumen de agua
- Modelización de la turbulencia mediante modelos de diferente complejidad
- Cálculo de la infiltración
- Tensión superficial por viento

- Estructuras internas: puentes, compuertas, vertederos
- Delimitación de la zona de flujo preferente según RDPH (vía de intenso desagüe y zonas de riesgo grave para personas y bienes)
- Evolución del lecho debido a transporte de sedimentos por carga de fondo y en suspensión
- Interfaz amigable de pre y post-proceso
- Integración en GIS

Al ser un modelo bidimensional, Iber nos presenta sus resultados básicos, cota y velocidad del agua, en las dos direcciones horizontales del espacio (x,y).

Para resolver los problemas de la hidrodinámica, Iber utiliza las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones, que se deducen de las ecuaciones de Navier-Stokes.

Iber se estructura en tres procesos diferentes:

- **Pre-proceso:** dónde se definen las características del problema (geometría, condiciones de contorno e iniciales,...)
- **Proceso:** dónde se realiza el cálculo de la hidrodinámica del problema.
- **Post-proceso:** dónde se extraen los resultados obtenidos y se extraen gráficas, mapas de resultados,....

Para trabajar con Iber se utilizará la cartografía LIDAR que se puede descargar desde la página web del ign:

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=MDT05>

y la cartografía ASTER que se puede encontrar en:

<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/search.jsp>

Con esta cartografía se creará un modelo al que se le asignarán unos usos de suelo y unas condiciones iniciales y de contorno. Con ello se pretende simular el efecto que tendrían posibles lluvias de distinto periodo de retorno sobre el área de estudio y comparar los resultados obtenidos con una cartografía y con otra.

Ecuaciones de Saint Venant

Para resolver la hidrodinámica, Iber resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes, que se deducen de dos leyes físicas de conservación elementales:

1. Conservación de la masa
2. Conservación de la cantidad de movimiento

La segunda de ellas no es más que la segunda ley de Newton aplicada a un fluido

Las ecuaciones de Navier-Stokes gobiernan el movimiento de un fluido en las tres dimensiones del espacio. De ellas se deducen las ecuaciones de aguas someras, también conocidas como ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones, que son las ecuaciones básicas que resuelve el módulo hidrodinámico de Iber.

Las ecuaciones de Saint Venant 2D se obtienen a partir de las ecuaciones de Navier-Stokes realizando dos pasos:

- Un promedio temporal para filtrar las fluctuaciones turbulentas, con lo que se obtienen las ecuaciones de Reynolds
- Un promedio en la profundidad para pasar de las ecuaciones en tres dimensiones a las ecuaciones en dos dimensiones.



Resolución ecuaciones Iber

Descomposición de Reynolds

El flujo del agua es turbulento, lo que significa que la velocidad instantánea del agua se puede descomponer en un valor medio y unas fluctuaciones turbulentas. La velocidad instantánea u es la suma de una velocidad media u_m y unas fluctuaciones turbulentas u' .

$$u = u_m + u'$$

De esta manera la velocidad media se puede entender como el promedio temporal de la velocidad instantánea en un cierto intervalo de tiempo.

$$u_m = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} u \, dt$$

Ecuación 1

Las ecuaciones tras este proceso son las ecuaciones de Reynolds

El promedio de la profundidad o integración vertical consiste en promediar todos los términos en las ecuaciones de Reynolds en la dirección vertical. Por ejemplo, una variable como la velocidad quedaría:

$$u = \frac{1}{h} \int_{z_0}^{z_0+h} u_m \, dz$$

Ecuación 2

donde **z** indica la dirección vertical, **h** el calado, **z₀** cota de fondo y **u** es ahora la velocidad promedio que existe en un punto (x,y).

Tras esto las ecuaciones de Saint Venant 2D se pueden escribir como:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) &= -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{\partial}{\partial x} (h \overline{u_x' u_x'}) - \frac{\partial}{\partial y} (h \overline{u_x' u_y'}) \\ \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_y^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) &= -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{\partial}{\partial x} (h \overline{u_x' u_y'}) - \frac{\partial}{\partial y} (h \overline{u_y' u_y'}) \end{aligned}$$

Ecuación 3

La primera representa la ecuación de conservación de la masa, la segunda y tercera representan la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento en las direcciones x e y respectivamente. En las ecuaciones las variables son las siguientes:

q_x : caudal específico en la dirección X	g : constante universal gravitatoria
q_y : caudal específico en la dirección Y	τ_{b,x} : componente X de la tensión tangencial que ejerce el fondo
h : calado la lámina de agua	τ_{b,y} : componente Y de la tensión tangencial que ejerce el fondo
z_b : cota del fondo	
ρ : densidad del agua	

Desarrollo

La variación en la dirección X o Y de la cota de fondo es la pendiente en la dirección X o Y, por lo que:

$$\frac{\partial z_b}{\partial x} = -S_{ox} \quad \frac{\partial z_b}{\partial y} = -S_{oy}$$

Ecuación 4

Por otro lado la disipación de energía por fricción con el fondo se puede obtener a partir de la pendiente motriz Sz como:

$$\frac{\tau_{b,x}}{\rho} = ghS_{fx} \quad \frac{\tau_{b,y}}{\rho} = ghS_{fy}$$

Ecuación 5

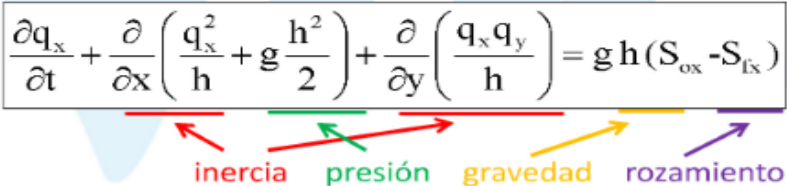
Si, además, por el momento no consideramos el efecto de las tensiones turbulentas, una forma habitual y compacta de escribir las ecuaciones de Saint Venant 2D es:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) &= gh(S_{ox} - S_{fx}) \\ \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_y^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) &= gh(S_{oy} - S_{fy}) \end{aligned}$$

Ecuación 6

La primera ecuación indica que si los caudales cambian de un punto a otro, el calado de un punto fijo deberá variar con el tiempo. La segunda y tercera de las ecuaciones indican como varían los caudales en función de las fuerzas que actúan:

- Fuerzas de inercia
- Fuerzas de gravedad (por la pendiente del fondo)
- Fuerzas de presión
- Fuerzas de rozamiento con los contornos



$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q_x^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q_x q_y}{h} \right) = gh(S_{ox} - S_{fx})$$

inercia presión gravedad rozamiento

Fuerzas Iber

Las ecuaciones de Saint Venant bidimensionales son un sistema de ecuaciones diferenciales, en derivadas parciales, hiperbólico y no lineal. Un sistema de este tipo se tiene que resolver con algún método numérico que requiere una geometría con una rugosidad en el fondo, unas condiciones iniciales y unas condiciones de contorno.

Como puede verse en las ecuaciones, las variables fundamentales y, por lo tanto, los resultados principales de una simulación con Iber son:

- La evolución del calado en cada punto de cálculo
- La evolución de las componentes horizontales del caudal específico (caudal por unidad de ancho)

Conociendo el caudal específico y el calado, es inmediato conocer las dos componentes horizontales de la velocidad que son también variables relevantes.

$$u = \frac{q_x}{h} \quad ; \quad v = \frac{q_y}{h}$$

Ecuación 7

De esta manera se suele considerar que los resultados principales son:

- El campo de calados y su evolución
- El campo de velocidades y su evolución

Pero conviene recordar que las velocidades **u** y **v** representan las componentes horizontales de la velocidad promediada en la profundidad, es decir:

- Iber no aporta información sobre la componente vertical de la velocidad
- Iber no aporta información sobre la distribución vertical de velocidades

En el flujo en lámina libre, las fuerzas de rozamiento con el fondo se incluyen a través de la pendiente motriz, que se mide con la fórmula de Manning.

Para un cálculo en 2D, la pendiente motriz se descompone en x e y.

Cada componente se puede calcular con la fórmula de Manning con:

$$S_{fx} = \frac{u \sqrt{u^2 + v^2} n^2}{h^{4/3}} \quad ; \quad S_{fy} = \frac{v \sqrt{u^2 + v^2} n^2}{h^{4/3}}$$

Ecuación 8

donde **u** y **v** son las componentes de la velocidad en las direcciones **x** e **y** respectivamente, y **n** es el coeficiente de rugosidad de Manning.

4.2.2. DATOS

Tipos de datos

- Un Metadato es una descripción estructurada sobre las características de un determinado dato, en la que se incluyen elementos tales como: detalles acerca del contenido, la calidad del mismo, las fechas asociadas, la extensión geográfica que cubre, su política de distribución, las restricciones de seguridad y legales que puedan existir, etc. El Metadato es el componente o germen de la Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón y está catalogada bajo norma de catalogación ISO 19115 en el caso de unidades o productos cartográficos e ISO 19119 en el caso de servicios geográficos.

El formato de intercambio de los metadatos es XML.

- Un Geodato o Dato Geográfico es la síntesis gráfica de una parte de la geografía que se quiere representar, es decir, la selección de las características que definen el fenómeno real a representar desde el punto de vista espacial, temporal y temático. Es el componente básico de una Infraestructura de Datos Espaciales. Toda información geográfica que se publica en Aragón debe cumplir con la Norma Cartográfica de Aragón:

Sistema de Referencia Espacial obligatorio: La cartografía se creará obligatoriamente bajo el sistema geodésico de referencia ETRS89: Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial de España.

Las características del sistema de referencia para la entrega de información geográfica son las citadas en el Documento de especificaciones cartográficas sobre sistemas de referencia espacial. Las transformaciones entre sistemas de referencia, husos de la proyección UTM y altitudes elipsoidales a ortométricas, se harán según el IGN.

La presentación de información geográfica en formato electrónico debe incorporar un fichero de proyección definiendo el sistema oficial de coordenadas (ficheros prj, ers, tfw, jgw, o análogos). Además, se podrá realizar la información en el sistema de referencia EuropeanDatum 1950 (ED50). Los formatos de intercambio serán los citados en el Documento de especificaciones sobre formatos de referencia.

- Un Servicio Geográfico es una aplicación en línea que permite contestar correctamente una pregunta formulada en un formato adecuado. De esta manera la publicación de servicios geográficos permiten generar formas de intercambio de información geográfica.

Origen de los datos

LIDAR

Introducción

LIDAR (Light Detection and Ranging) es un sensor óptico a distancia usado para recoger una gran cantidad de datos topográficos. El sensor LIDAR tiene aplicaciones en arqueología, geografía, geología, geomorfología, sismología y muchas otras áreas. Frente a otros sensores, LIDAR ofrece la ventaja de registrar perfectamente la distribución espacial de datos y la capacidad de penetrar verticalmente en un entorno forestal y determinar su estructura.

Un sistema LIDAR opera desde una plataforma aérea que comprende un conjunto de instrumentos: el dispositivo láser; una unidad de medida de navegación inercial (IMU), que registra continuamente los vectores de movimiento de la aeronave (orientación); una unidad de alta precisión para el posicionamiento global en el aire (GPS), que registra la posición tridimensional de la aeronave; y una interfaz informática que gestiona la comunicación entre los dispositivos y almacena los datos. El sistema también requiere una estación base GPS instalada en una ubicación conocida en el suelo y cercana (hasta 50 km de la aeronave) y que opere forma simultánea con el fin de definir correctamente la posición y por lo tanto mejorar la precisión de, los datos del GPS en el aire.

El dispositivo láser emite pulsos de luz para determinar la distancia a un blanco distante. La distancia a la diana se determina midiendo con precisión el retardo de tiempo entre la emisión del pulso y la detección de la señal reflejada.

Especificaciones del sistema

Los sistemas LIDAR han ido evolucionando durante más de una década, y probablemente seguirán evolucionando aún más rápido en los próximos años. Por lo tanto, al planificar la adquisición de datos, es esencial conocer las especificaciones de los sistemas actuales. Tales especificaciones determinarán tanto los costes de adquisición de datos y, muy probablemente, la viabilidad de los proyectos que se espera realizar con los datos. Las principales características de un sistema LIDAR son:

Frecuencia de exploración: número de pulsos o haces emitidos por el instrumento láser en 1 segundo. Los instrumentos más antiguos emiten unos pocos miles de pulsos por segundo. Los sistemas modernos soportan frecuencias de hasta 167 kHz (167.000 pulsos por segundo). Un sistema de alta frecuencia puede generar densidades de retorno mayores con un vuelo más alto y más rápido que un avión que lleve un sistema de frecuencia más baja, lo que reduce los costos de tiempo de vuelo y de adquisición de los datos.

Patrón de exploración: disposición espacial de los pulsos de retorno que se esperarían en una superficie plana y depende del mecanismo utilizado para medir pulsos a través de la línea directa de vuelo.

Divergencia del haz: a diferencia de un sistema láser estático, las trayectorias de los fotones emitidos desde un instrumento LIDAR se desvían ligeramente de la línea de propagación del haz y forman un cono estrecho en lugar del cilindro delgado típico de sistemas láser. El término "divergencia del haz" se refiere al aumento de diámetro del haz que se produce por la distancia entre el instrumento láser y el plano que se mide. Los ajustes de la divergencia del rayo típicos oscilan entre 0,1 y 1,0 miliradianes. En 0,3 miliradianes, el diámetro del haz a una distancia de 1.000 m desde el instrumento es de aproximadamente 30 cm. Debido a que la cantidad total de energía de pulso permanece constante independientemente de la divergencia del haz, a una divergencia de haz mayor, la energía del impulso se extiende sobre un área más grande, dando lugar a una relación más baja de puntos.

El ángulo de barrido: ángulo del eje del haz que se dirige al plano "focal" del instrumento LIDAR. El ángulo máximo admitido por la mayoría de los sistemas no exceda de 15 grados. La combinación de ángulo de exploración y altura de vuelo sobre el suelo determina la franja de barrido.

Diámetro de la huella: diámetro de un haz en un plano situado perpendicularmente al eje del haz a una distancia igual a la altura de vuelo. La distribución de la energía del pulso no es uniforme en toda la extensión de la huella, disminuyendo desde el centro y se aproxima a una distribución gaussiana bidimensional.

Duración del impulso: duración del pulso, en nanosegundos (ns). Junto con los ajustes de discretización, determina la resolución de alcance en múltiples sistemas de devolución, o la distancia mínima entre retornos consecutivos de un pulso.

El número de devoluciones (por haz / pulso): número máximo de retornos que se pueden extraer de un solo haz. La mayoría de los sistemas modernos pueden identificar múltiples retornos (por ejemplo, hasta cinco) de un solo haz.

El espaciado de huella: distancia nominal entre centros de haces consecutivos. Depende de la frecuencia de exploración y la altura y velocidad del vuelo.

LIDAR vs Satélite

Los satélites, dada su gran altitud, permiten un barrido de área mayor pero menos preciso que con un vuelo LIDAR. Por ello el mejor uso de los datos que ofrecen los satélites, más que definir áreas de inundación, es el retrato de un esquema general de las áreas de agua con una elevación baja, ya que debido a los medidores de precisión, su utilización para evaluar el aumento de niveles de agua a pocos metros es muy limitada. Cuanto mayor sea el área de análisis los datos de elevación del agua serán menos precisos, afectando a las personas y áreas afectadas.

LIDAR vs Satélite



30m

10m

2m (LIDAR)

ASTER

Introducción

ASTER (AdvancedSpaceborneThermalEmission and ReflectionRadiometer) es un proyecto conjunto entre la NASA y METI (Ministerio de Comercio Economía e Industria de Japón). Se lanzó en 1999 a bordo del satélite TERRA de la NASA. El objetivo principal de la misión ASTER es mejorar el entendimiento de los procesos a escala local y regional que ocurren sobre o cerca de la superficie de la tierra y en la atmósfera inferior, incluyendo la interacción superficie-atmósfera.

ASTER presenta una orbitaheliosincrónica a una distancia de 705 kilómetros, con un ciclo de repetición de 16 días, un ancho de barrido de 60 kilómetros y una distancia entre orbitas de 172 Km.

ASTER esta formado por 3 subsistemas: VNIR, SWIR y TIR; que permiten la observación de la superficie terrestre en un amplio rango espectral que va desde el visible hasta el infrarrojo térmico y posee una resolución espacial relativamente alta:

El subsistema VNIR tiene una resolución espacial de 15m, resolución espectral de 3 bandas (2 en el visible y una en el infrarrojo cercano). Estas bandas se utilizan especialmente para la interpretación topográfica y geomorfológica ya que posee dos telescopios uno con visión nadir (bandas 1, 2 y 3N) y otro adicional con vista hacia atrás (banda 3b), en dirección orbital (alongtrack), lo que permite la visión estereoscópica y la generación del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de excelente precisión. La importancia del MDE en este proyecto radica en la posibilidad de obtener curvas de nivel para un área que no cuenta con cartografía oficial a escala 1:100.000. Con estas bandas además se puede determinar la contribución de la vegetación y de los minerales de óxidos de hierro.

El subsistema SWIR tiene 30m de resolución espacial y 6 bandas en el rango del espectro del infrarrojo de onda corta (0.4 a 2,5 micrones). Las bandas del SWIR fueron ubicadas estratégicamente para la identificación de minerales de alteración (filosilicatos y carbonatos) y de suelos.

El TIR tiene una resolución espacial 90m y realiza mediciones de la emisividad terrestre en el infrarrojo térmico, tiene 5 bandas ubicadas entre 8 y 12 μ . Los patrones de emisividad permiten estimar contenidos de sílice, cuarzo y carbonatos (Ninomiya et

al. 1997), esto es de suma importancia ya que son los componentes principales de las rocas de la superficie terrestre.

Sensor	Sub-sistema	Nº Banda	Rango Espectral μm	Resolución Espacial	Resolución Radiométrica
TM	VNIR	1	0,45-0,52 μm	30 m	8 bits
		2	0,53-0,60 μm		
		3	0,63-0,69 μm		
		4	0,76-0,90 μm		
	SWIR	5	1,55-1,75 μm	30 m	8 bits
		7	2,08-2,35 μm		
	TIR	6	10,4-12,5 μm	120 m	8 bits
ASTER	VNIR	1	0,52-0,60 μm	15 m	8 bits
		2	0,63-0,69 μm		
		3N	0,78-0,86 μm		
		3B	0,78-0,86 μm		
	SWIR	4	1,60-1,70 μm	30 m	8 bits
		5	2,145-2,185 μm		
		6	2,185-2,225 μm		
		7	2,235-2,285 μm		
		8	2,295-2,365 μm		
		9	2,36-2,43 μm		
	TIR	10	8,125-8,475 μm	90 m	12 bits
		11	8,475-8,825 μm		
		12	8,925-9,275 μm		
		13	10,25-10,95 μm		
		14	10,95-11,65 μm		

Comparación entre las características de las imágenes ASTER y LANDSAT

Desarrollo

Modelo de elevación Digital

El modelo de elevación se genera de las bandas 3N (Nadir) Y 3B (Back). A partir de estas imágenes se pueden generar DEM relativo (No se utilizan puntos de control) y un DEM absoluto (Utilizando puntos de control). La precisión aproximada de DEM es:

- DEM relativo:

Localización vertical: hasta 10 m sin puntos de control.

Localización horizontal: hasta 10 m sin puntos de control.

- DEM absoluto:

Localización vertical: hasta 7 metros con puntos de control.

Localización horizontal: hasta 7 metros con puntos de control.

Aplicaciones:

- Generar topografía hasta una escala de 1/50,000.
- Generar modelos hidrográficos.
- Geomorfología y ciencias de la tierra.
- Ortorectificar imágenes, otros

4.2.3. *USOS DEL SUELO: SIOSE*

SIOSE es el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, integrado dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT) cuyo objetivo es generar una base de datos de Ocupación del Suelo para toda España a escala de referencia 1:25.000, integrando la información disponible de las comunidades autónomas y la Administración General del Estado.

Características técnicas

Sistema Geodésico de Referencia: European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89), según las recomendaciones del Consejo Superior Geográfico y atendiendo a los requisitos de la Directiva europea INSPIRE (2007/2/CE).

Sistema Cartográfico de representación: Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) en el huso mayoritario de la comunidad autónoma.

Escala de referencia: 1:25.000, con una precisión planimétrica final de 5m.

La Unidad espacial es el polígono. SIOSE divide geométricamente todo el territorio según una malla continua de polígonos, donde cada polígono tiene asignado un tipo de cobertura o una combinación de ellas.

La superficie mínima de un polígono SIOSE depende del tipo de cobertura:

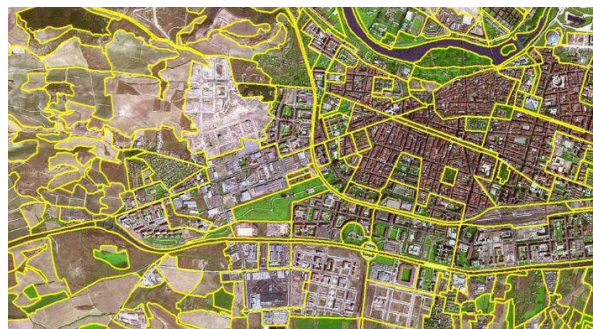
Agua, cultivos, coberturas húmedas, playas, vegetación de ribera y acantilados marinos: 0,5 ha.

Zonas urbanas: 1 ha

Zonas agrícolas, forestales y naturales: 2 ha

En cada polígono hay definidas dos superclases: cobertura y uso del suelo.

Dentro de cada polígono SIOSE se puede considerar que la cobertura es homogénea. La suma de coberturas en un polígono representa el 100% de su superficie. Además, dependiendo del tipo de cobertura puede llevar asociado un cierto atributo, como por ejemplo si está regado o no en el caso de un cultivo. Por tanto, la cobertura de un polígono puede ser de dos tipos:










Ejemplo SIOSE

Desarrollo

SIMPLE: una única cobertura.

COMPUESTA: dos o más coberturas simples y/o compuestas a su vez.

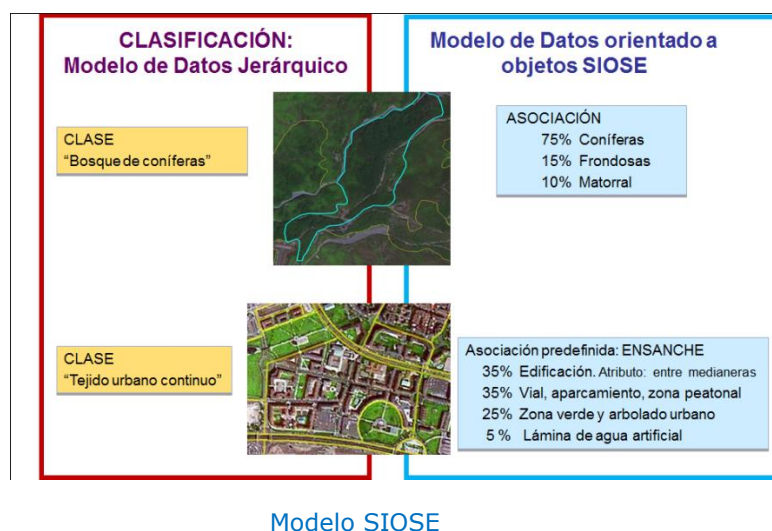
SIMPLE			100% cultivo de herbáceo distinto de arroz.
	<p>Asociación</p> 	Combinación de coberturas sin distribución fija, se encuentran entremezcladas indistintamente	 <p>80% matorral. 20% arbolado forestal. Coníferas.</p>
		<p>Asociación predefinida</p> <p>Un tipo especial de Asociación en el que se han predefinido específicamente qué coberturas puede contener, atendiendo a su alta representatividad en el territorio.</p>	 <p>"Casco urbano"</p> <p>5% Zona verde artificial y arbolado urbano. 85% Edificación. Atributo: entre medianeras. 10% Vial, aparcamiento o zona peatonal.</p>
		<p>Mosaico</p>  <p>Combinación de coberturas cuya separación y distribución geométrica entre ellas es claramente perceptible.</p> <p>Se puede distinguir entre Mosaico regular y Mosaico irregular.</p>	<p>Mosaico regular</p>  <p>80% cultivo herbáceo distinto de arroz, regado 20% cultivo herbáceo distinto de arroz, no regado</p>
			<p>Mosaico irregular</p>  <p>45% Olivar. 40% cultivo distinto de arroz. 10% matorral. 5% edificación.</p>

Suelo SIOSE

Uso del suelo: caracterización del territorio de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual. Puede cubrir o no el 100% del polígono.

La principal característica de la base de datos SIOSE es que sigue un modelo de datos orientado a objetos, no es un modelo jerárquico tradicional donde existe un cierto rango de clases limitado y rígido definido en una leyenda descriptiva, sino que es un modelo de datos multipropósito y extensible.

SIOSE por tanto no clasifica el terreno sino que lo describe mediante coberturas o combinaciones de ellas con sus diferentes porcentajes de ocupación y atributos.



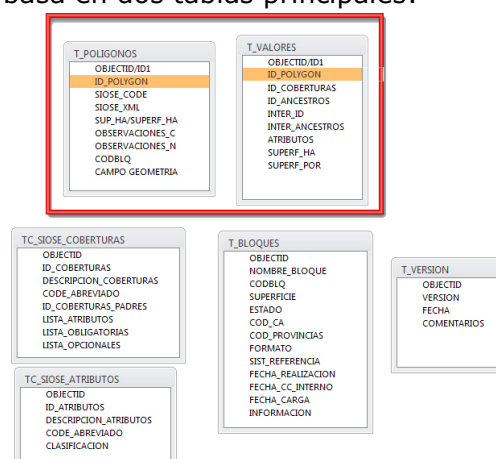
La estructura física de la base de datos SIOSE se basa en dos tablas principales:

[T_POLIGONOS] almacena la geometría del polígono

[T_VALORES] almacena la información de coberturas de esos polígonos

Ambas tablas se relacionan mediante el campo común ID_POLYGON, que identifica el polígono en la base de datos.

Además existen dos tablas descriptivas [TC_SIOSE_COBERTURAS] y [TC_SIOSE_ATRIBUTOS], y dos tablas con información auxiliar: [T_BLOQUES] y [T_VERSION].



Tablas SIOSE

4.2.4. *CONDICIONES HIDRODINÁMICAS*

Las condiciones hidrodinámicas que se van a definir son las condiciones de condiciones de contorno y las condiciones iniciales.

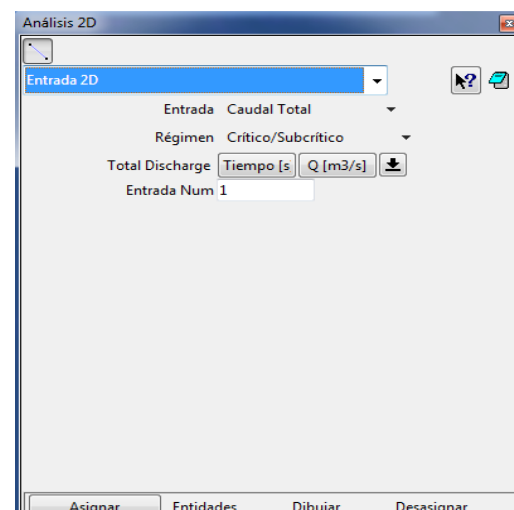
Condiciones de contorno

Iber considera a todas las líneas de borde como paredes verticales de altura indefinida por las que no puede entrar ni salir agua. Por ello, para que entre agua es necesario asignar a una o varias líneas la condición de entrada y la de salida.

- **Condiciones de entrada**

En la ventana para introducir las condiciones de entrada hay varias posibilidades:

- Entrada
 - Caudal Total
 - Caudal Específico
 - Cota de Agua
- Régimen
 - Crítico/Subcrítico
 - Supercrítico



Condiciones de entrada

El régimen del flujo depende de la relación entre las fuerzas de inercia y las de gravedad. La relación se define por el número de Froude (Fr), cociente entre la velocidad media y la celeridad relativa de la onda cinemática.

Tipo de régimen		
Froude > 1	Flujo supercrítico	(régimen rápido)
Froude = 1	Flujo crítico	
Froude < 1	Flujo subcrítico	(régimen lento)

Tipo de régimen

Para efectos prácticos, en ríos de pendiente moderada o baja se suele considerar régimen subcrítico o crítico (R. lento) y en ríos de fuerte pendiente y que tengan altas velocidades de flujo se consideran entradas en flujo supercrítico (R. rápido).

Para la entrada de datos, en caso de Caudal Total se debe introducir el hidrograma que corresponda. En caso de un río con varios afluentes, éstos se pueden introducir asignando a cada uno una entrada numérica distinta.

Si se quiere realizar la entrada de datos como Caudal Específico debe introducirse el caudal por unidad de ancho ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$).

Se introduje como Cota de Agua si la entrada de agua viene condicionada por el nivel de una zona adyacente, introduciendo la cota de agua a lo largo del tiempo.

Se introducirá el agua como Caudal Total con los siguientes hidrogramas:

Periodo	Caudal m^3/s
2 años	17
5 años	41
10 años	65
25 años	109
100 años	219
500 años	469

Caudales periodos de retorno

Estos datos se encuentran en www.saihebro.com página web de la Confederación Hidrográfica del Ebro y se pueden obtener también con la aplicación "Caumax" del CEDEX. La máxima crecida ordinaria es de $50,6 \text{ m}^3/\text{s}$, asociada a un periodo de retorno de 7 años.

El régimen se considerará como subcrítico ya que la pendiente del río es poco pronunciada, lo que hace, en este caso, que Fr sea menor que 1.

Desarrollo

- **Condiciones de salida**

Para asignar la condición de salida tenemos la opción de elegir entre flujo Supercrítico/Crítico y Subcrítico.

En caso de elegir Supercrítico/Crítico no es necesario agregar ningún parámetro ya que las condiciones hidráulicas de la salida dependerán de lo que ocurra en el modelo aguas arriba, sólo teniendo que seleccionar la línea por la que saldrá el agua.

Si se elige Flujo Subcrítico se necesita definir la condición de la salida ya que esto tendrá influencia aguas abajo. Es posible elegir entre tres tipos de salida:

- Vertedero: si se quiere representar una estructura de laminación.
- Nivel Dado: si desagua en un punto con una altura de agua determinada.
- Curva de Gasto Q: si en la salida hay una estructura hidráulica de la que se conoce la curva de caudal de salida en función del calado.

En los casos de estudio la opción elegida será la de régimen supercrítico/crítico, ya que nos interesa todo lo ocurrido aguas arriba sin influencia aguas abajo, dejando ese aspecto para otros posibles estudios.

Condiciones iniciales

Las condiciones iniciales corresponden a la cantidad de agua que hay en el modelo en el momento de la simulación. Esta condición se puede definir de dos formas:

- Calado: altura del agua respecto al suelo.
- Cota: altura del agua respecto al nivel del mar

4.2.5. MODELIZACIÓN EN BASE A DATOS LIDAR

El primer paso para realizar la modelización es crear nuestro área de trabajo, a la que después le asignaremos unas condiciones hidrodinámicas, unos usos de suelo y sobre la que realizaremos la modelización.

Para crear el área de trabajo primero abriremos el programa Iber y guardaremos el proyecto. Tras esto cargaremos una imagen de fondo que nos sirva de ayuda posteriormente. La imagen de fondo está formada por un conjunto de ortofotos correspondientes al PNOA, que recogen todo el área de estudio del río Aguas Vivas. La carga de esta imagen se realiza desde:

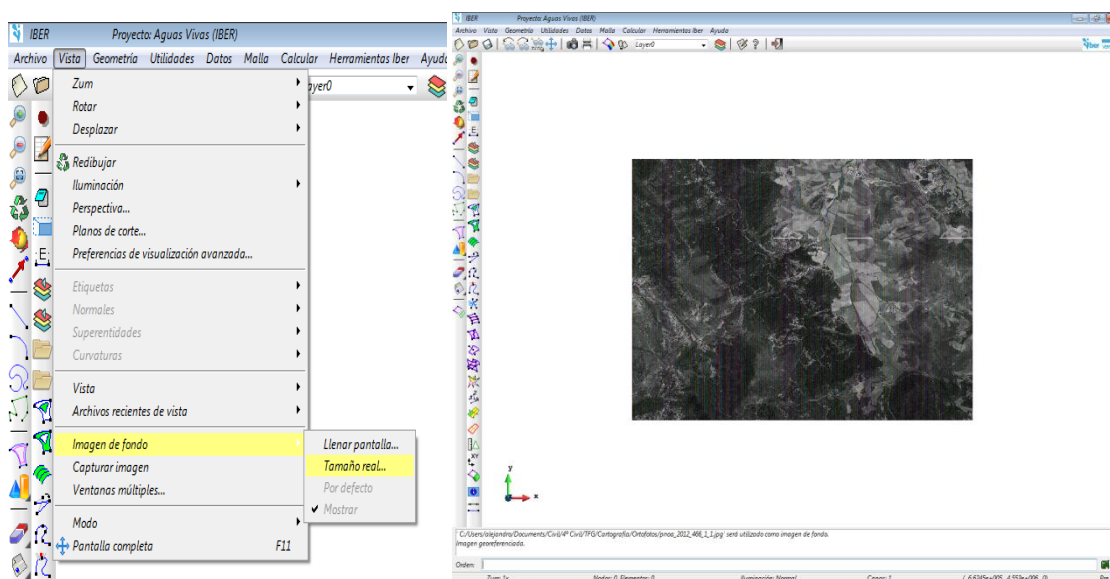


Imagen de fondo

Una vez hecho esto se procederá a la importación de la geometría. La geometría que se importará en este caso es la correspondiente a la cartografía LIDAR, con una resolución de 5 metros. La cartografía está en formato ASC y las hojas son las siguientes:

MDT05-466-H30-LIDAR

MDT05-467-H30-LIDAR

MDT05-492-H30-LIDAR

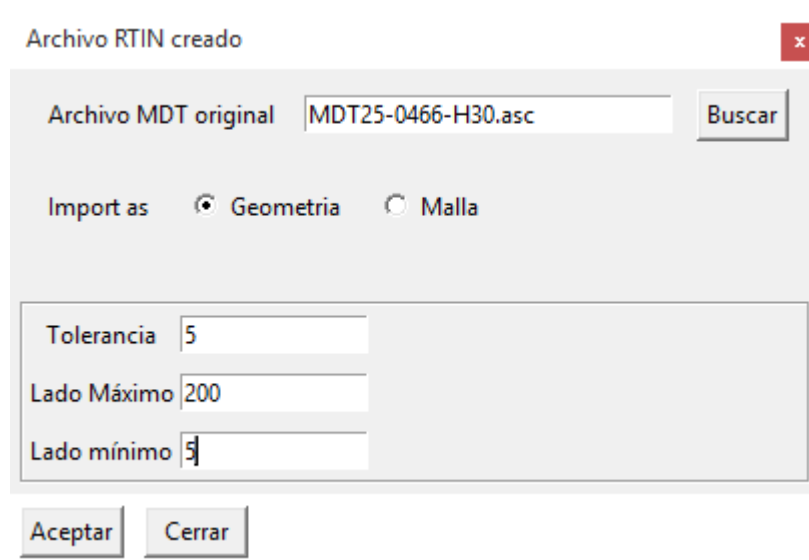
Desarrollo

En el momento de definir la tolerancia, lado máximo y lado mínimo hay que tener en cuenta lo siguiente:

Tolerancia: diferencia máxima que debe haber entre el MDE y la geometría que se va a crear.

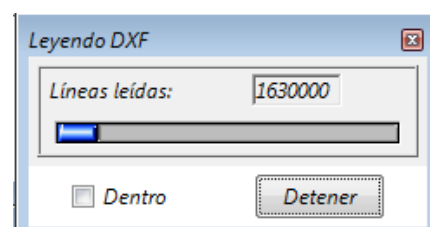
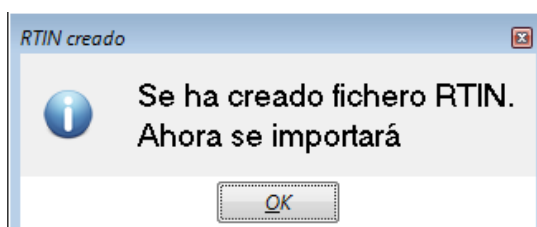
Lado máximo: longitud máxima del triángulo más grande que puede haber en la geometría creada.

Lado mínimo: longitud mínima del triángulo más pequeño que puede haber en la geometría creada aunque no se cumpla la condición de la tolerancia.

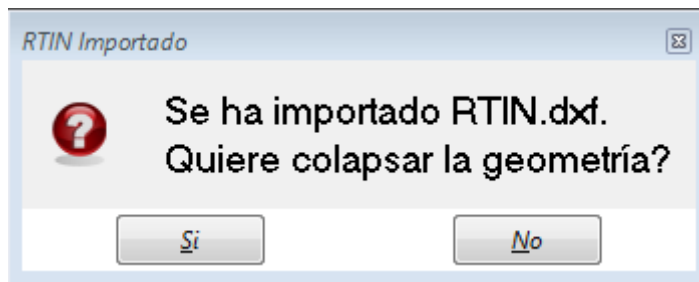


RTIN LIDAR

Se van cargando los distintos archivos uno a uno hasta tenerlos todos. Durante el proceso el programa hará las siguientes preguntas:



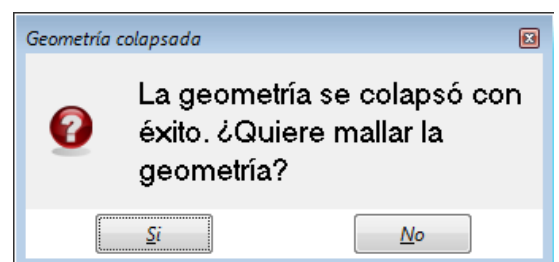
Importar RTIN



Colapsar geometría

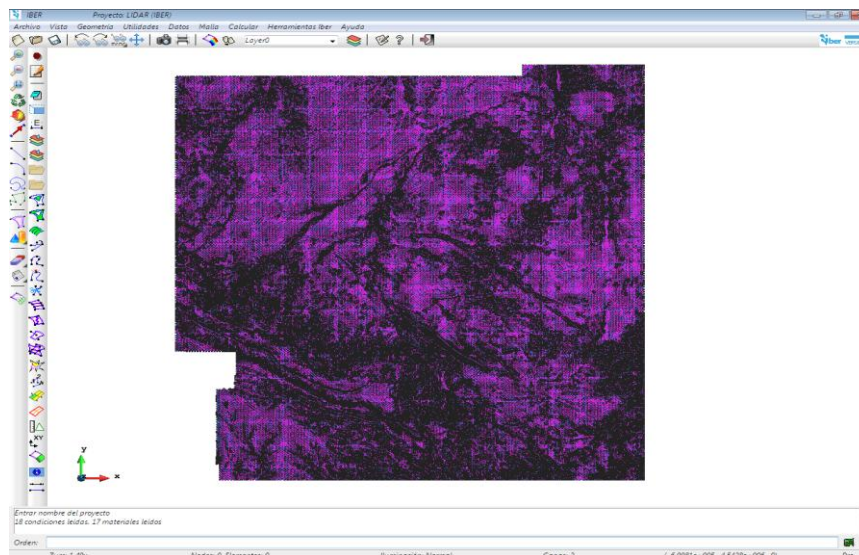
Aún no se va a mallar la geometría ya que primero se borrarán las partes que no corresponden al área de estudio y que impiden asignar correctamente las condiciones de contorno.

Colapsar implica unir las líneas y los puntos que tienen duplicidad. Es obligatorio para poder realizar la simulación. En caso de elegir "No" hay que volver a crear la geometría con otros parámetros.



Mallar geometría

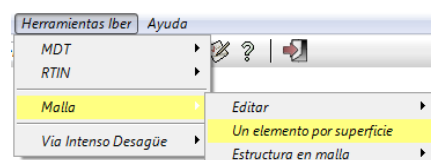
Tras la carga de las geometrías se procede al borrado de las partes que nos impiden asignar las condiciones de contorno al inicio del río.



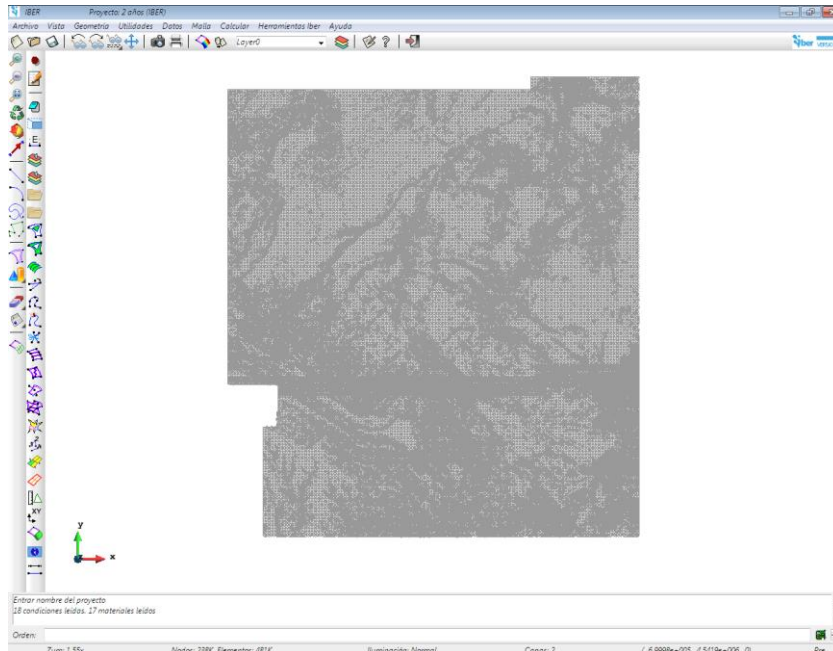
Área

Una vez terminado la carga de las superficies y el borrado de las partes que no hacen falta, se va a proceder al mallado de toda la geometría. Para hacerlo más sencillo se va a realizar en un solo paso:

Mallar



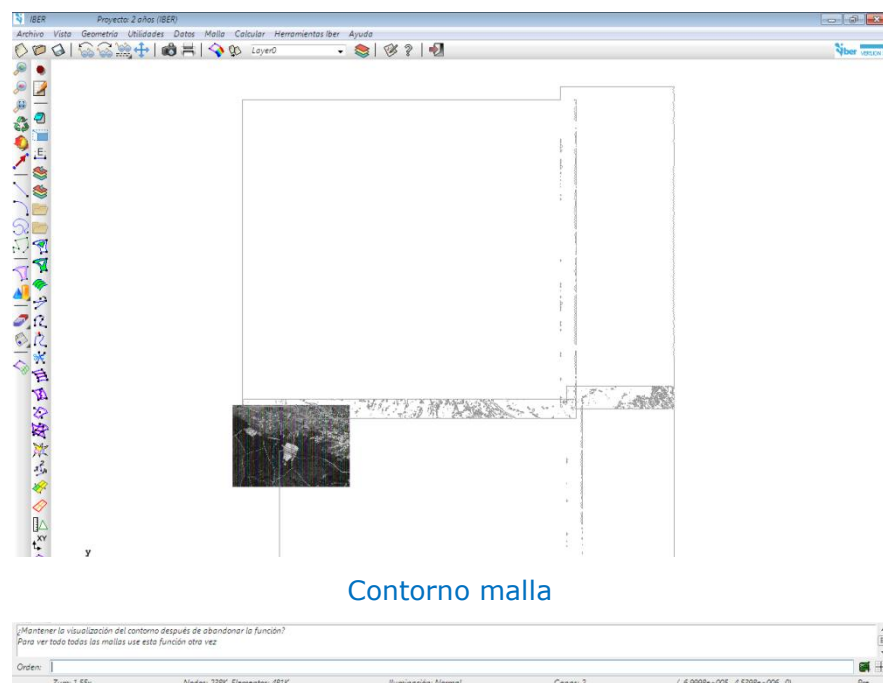
Desarrollo



Área mallada

Con la malla ya creada se puede ver que ésta es muy espesa y nos dificulta ver las imágenes de fondo, por lo que se va a esconder toda la malla salvo su contorno, que es sobre el cual, y con ayuda de las ortofofos, se asignarán las condiciones de contorno. Para asignar las condiciones de contorno se va al menú Datos -> Hidrodinámica -> Condiciones de Contorno.

En la imagen se puede apreciar que pese a haber trabajado con todas las hojas en conjunto para crear la malla, el programa crea unos contornos interiores, correspondientes al contorno de cada hoja por separado. Esto nos va a suponer un problema para el trabajo de las

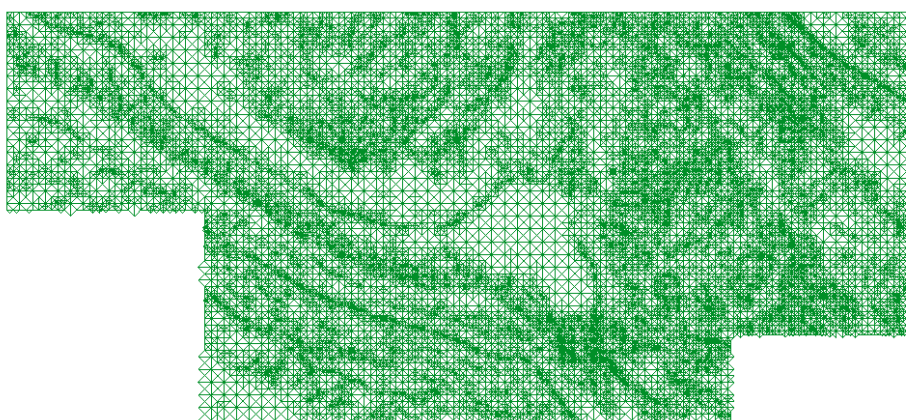


Contorno malla

tres hojas en conjunto ya que si solo se asignan las condiciones de entrada y salida al conjunto completo el agua no pasará de una hoja a otra y se estancará en la primera

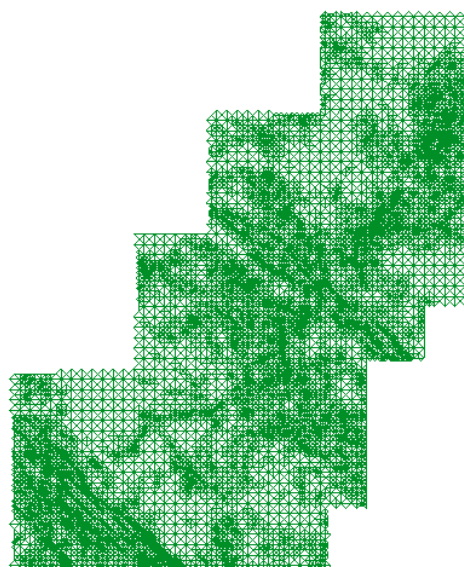
como si fuera un embalse, y si se intenta asignar en los mismos puntos condiciones de salida (de la hoja aguas arriba) y de entrada (de la hoja aguas abajo), el programa nos señala un error al haber varios puntos con más de un tipo de condición. Por ello, en este caso, se va a proceder realizando la modelización de cada hoja por separado. Esto supone que para la modelización del río para un determinado periodo de retorno se van a realizar tres modelizaciones distintas, una por cada hoja.

Hoja 492



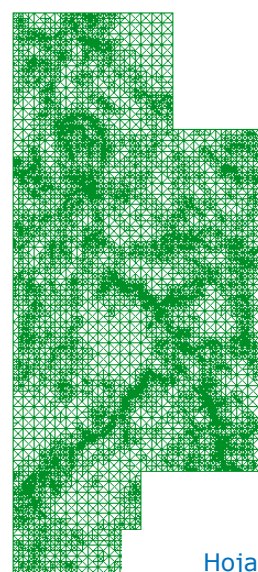
Hoja 492

Hoja 466



Hoja 466

Hoja 467

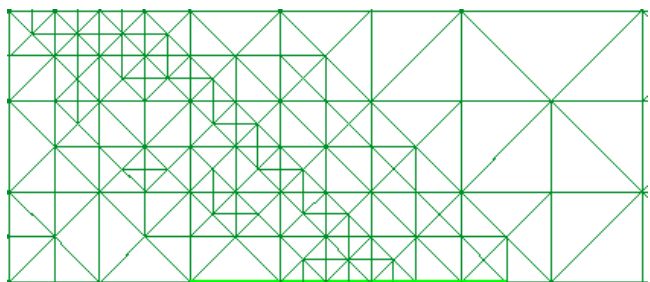
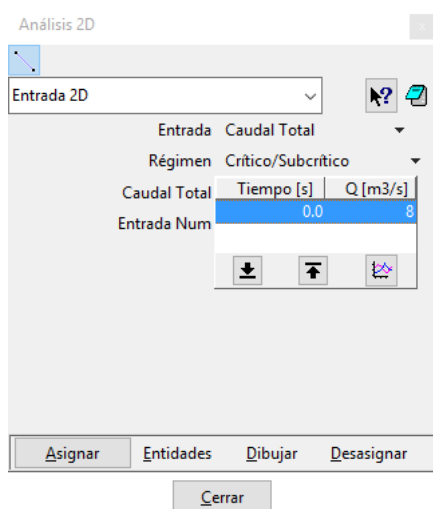


Hoja 467

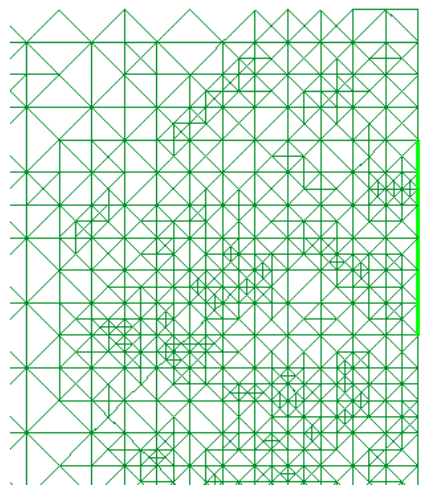
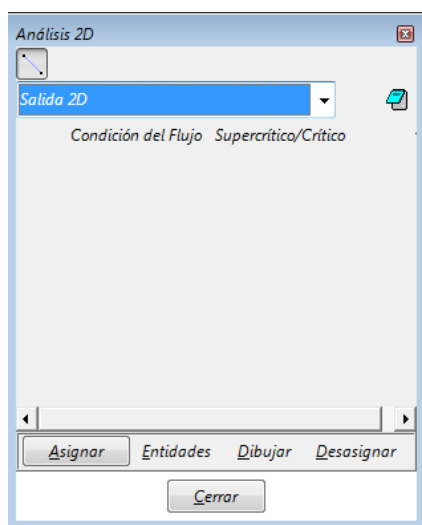
Hoja 466

Periodo	2 años	5 años	10 años	25 años	100 años	500 años
Caudal m ³ /s	8	23	39	67	137	294

Caudales 466



Entrada 466



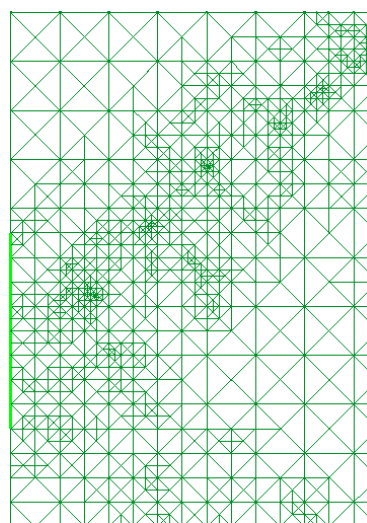
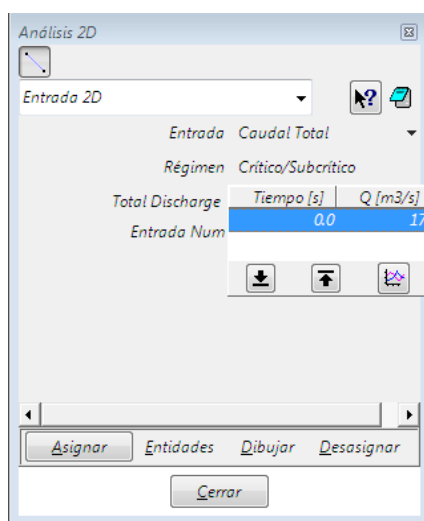
Salida 466

Desarrollo

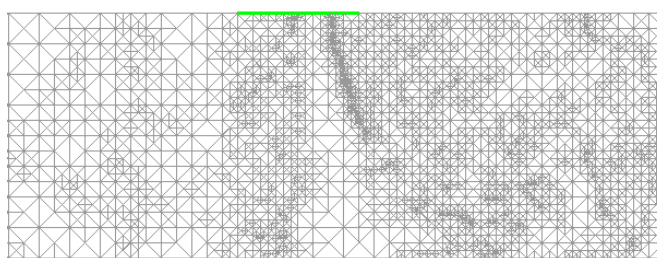
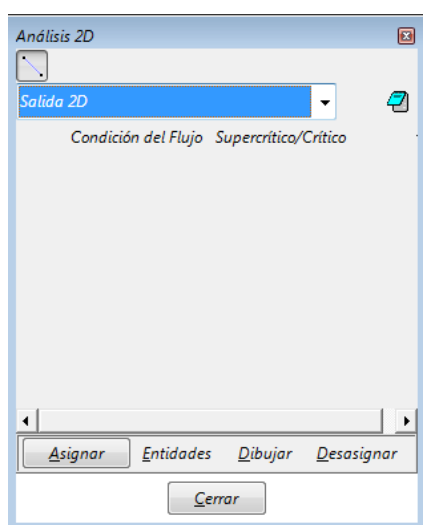
Hoja 467

Periodo	2 años	5 años	10 años	25 años	100 años	500 años
Caudal m ³ /s	17	41	65	108	217	464

Caudales 467

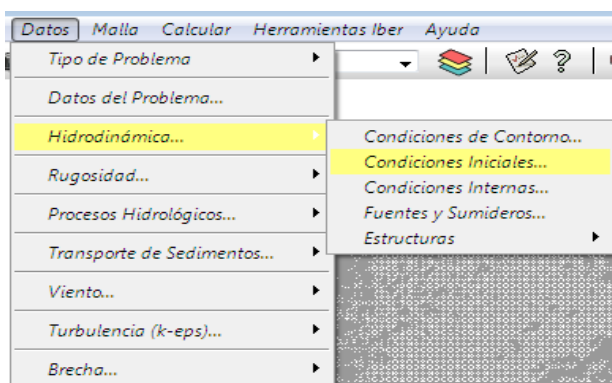


Entrada 467



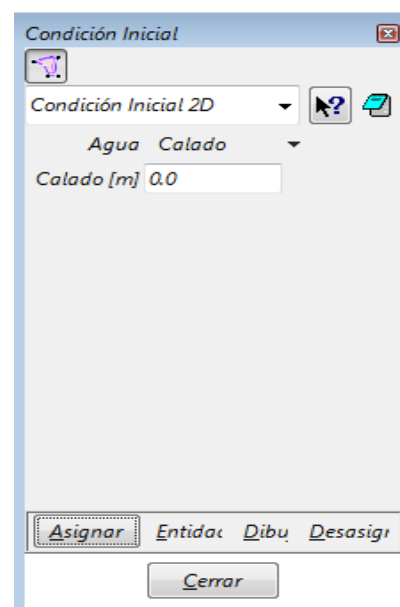
Salida 467

Para asignar las condiciones iniciales se va al menú Datos -> Hidrodinámica -> Condiciones Iniciales:



Condiciones hidrodinámicas

Se va a considerar que, para todos los casos, el área estaba seca antes de la avenida, por lo que se asignará un calado de 0 metros a todas las áreas.



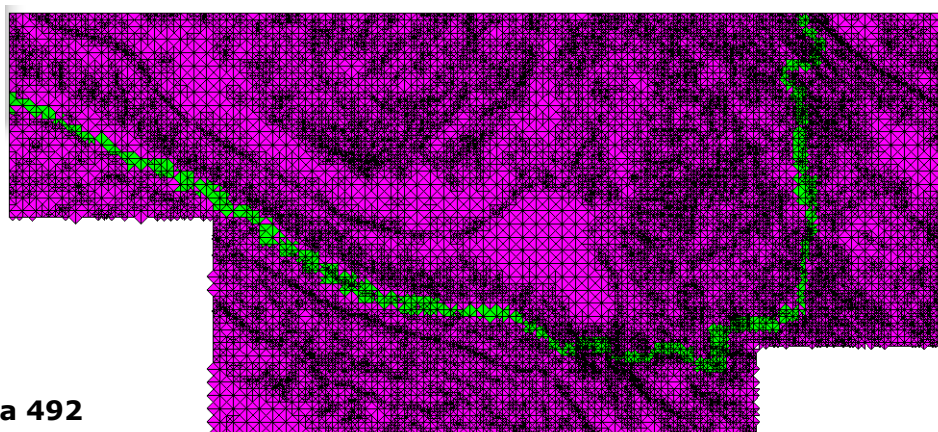
Condición Inicial

Tras asignar las condiciones hidrodinámicas, tanto de contorno como iniciales, lo siguiente es asignar la rugosidad al terreno. Esto se hace desde el menú "Datos -> Rugosidad". El programa nos da varias opciones. Una de ellas es asignarlos automáticamente. Para ello se pueden utilizar datos tipo SIOSE (explicados anteriormente) o CorineLandCover (similares a SIOSE). Estos datos deben estar en un archivo en formato .asc acompañados por otro archivo con el mismo nombre en formato .csv. El primer archivo asigna un valor a cada pixel del mapa. El segundo archivo indica a que tipo de superficie corresponde cada valor asignado en el primer archivo. El problema de estos archivos es que deben coincidir perfectamente los píxeles de la geometría con los de los usos de suelo, ya que sino se pueden producir errores. Por ello el programa también nos da la posibilidad de asignar los usos de suelo manualmente.

Desarrollo

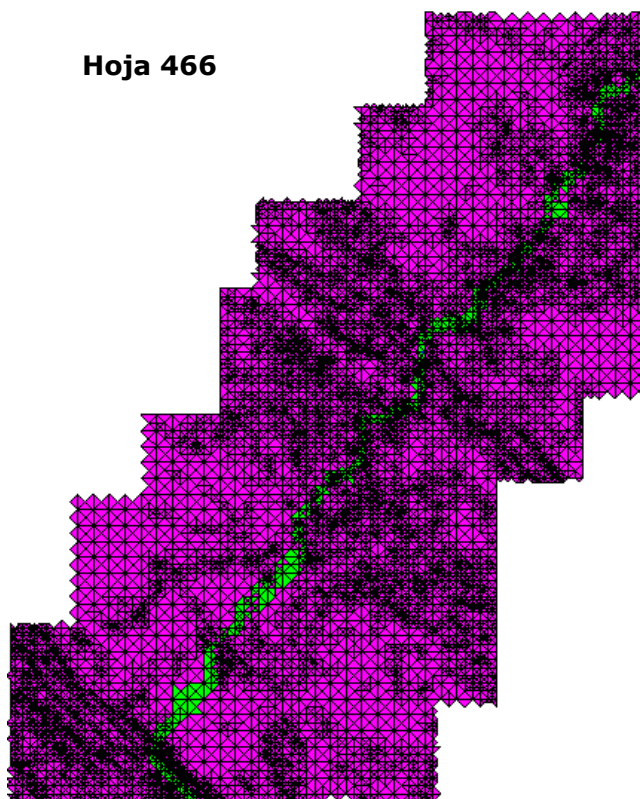
Para asignar manualmente los usos primero es conveniente realizar una simulación de prueba con todo el terreno con uso río y el caudal de la avenida ordinaria ($50 \text{ m}^3/\text{s}$). Con esto se comprueba por donde circula el río y se asigna a esas zonas el uso río. El resto de usos del terreno se asigna ayudándose de los distintos mapas.

Hoja 492



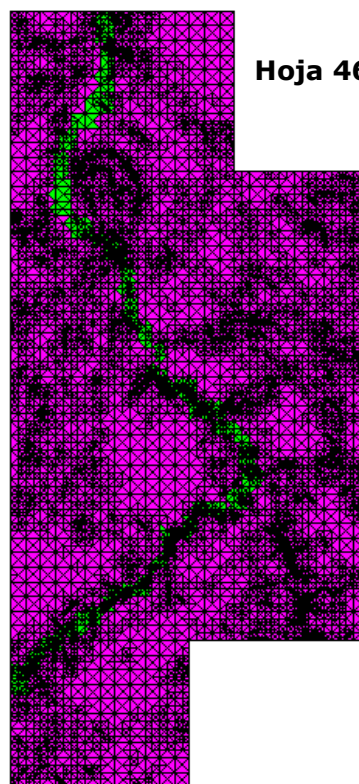
Rugosidad hoja 492

Hoja 466



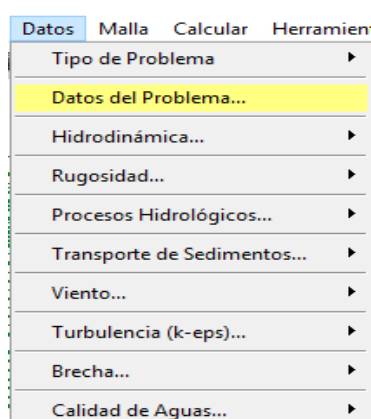
Rugosidad hoja 466

Hoja 467

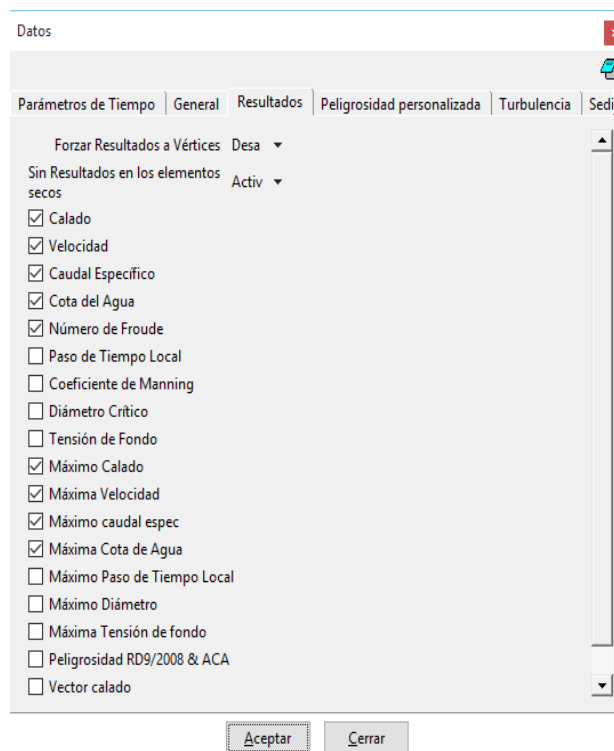


Rugosidad hoja 467

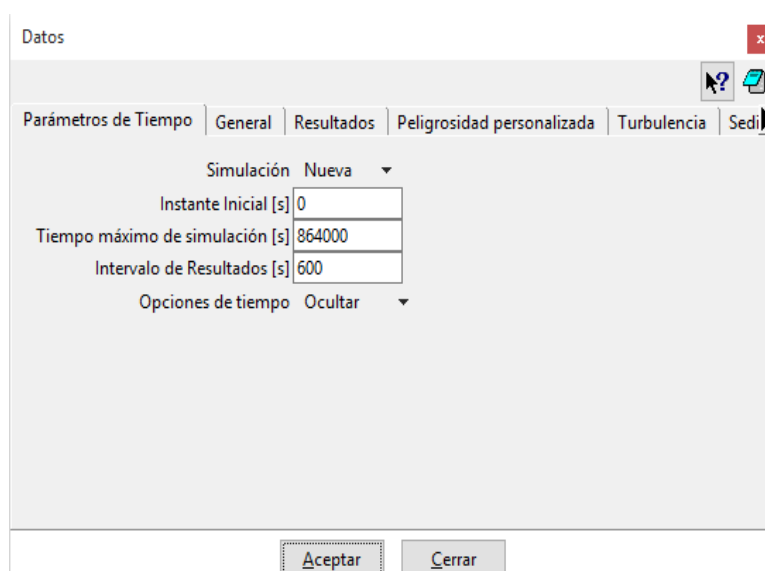
Por último ya, antes de realizar el cálculo, queda dar unos datos al problema. En este apartado se puede determinar los resultados que se quiere que el programa muestre tras el cálculo y hay que definir unos parámetros de tiempo para el cálculo.



Datos del problema



Datos - Resultados



Datos – Parámetros de tiempo

De los parámetros de simulación los que más afectan para los cálculos son el tiempo máximo de simulación y el intervalo de resultados. El tiempo máximo de simulación es el instante en el que termina el cálculo y habrá que variarlo en función del periodo de retorno ya que a caudales menores el agua necesita más tiempo para recorrer la misma

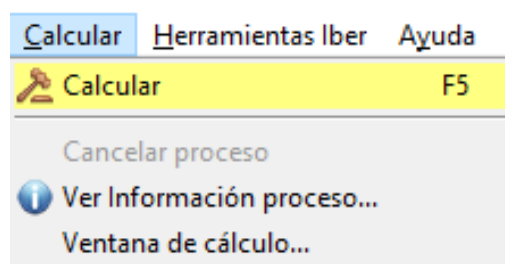
Desarrollo

distancia. El intervalo de resultados es el tiempo entre los resultados que muestra el programa. Para simulaciones muy largas se pondrán intervalos mayores por no tener tanta cantidad de datos y facilitar la simulación.

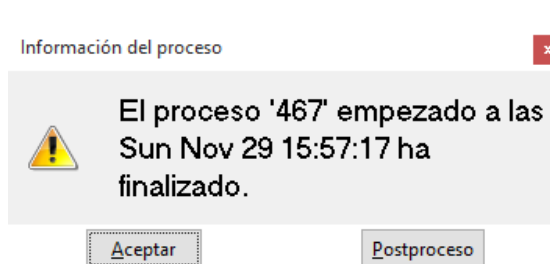
	Hoja 492		Hoja 466		Hoja 467	
	Tiempo máximo de simulación	Intervalo de resultados	Tiempo máximo de simulación	Intervalo de resultados	Tiempo máximo de simulación	Intervalo de resultados
2 años	864000	600	864000	600	172800	600
5 años	432000	600	432000	600	86400	600
10 años	172800	300	172800	300	54000	300
25 años	86400	300	86400	300	21600	300
100 años	54000	300	54000	300	10800	300
500 años	43200	300	43200	300	10800	300

Parámetros de tiempo LIDAR

Con todos los datos ya definidos sólo queda realizar los cálculos. Una vez cada simulación termine se pueden ver los resultados en el postproceso.



Calcular



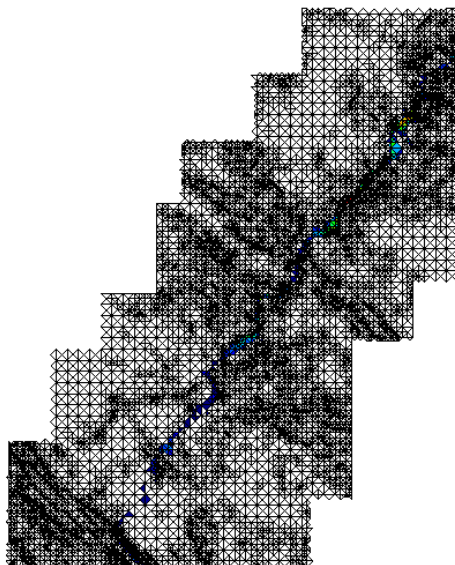
Postproceso

Desarrollo

Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 441600.620

Mapa de calados



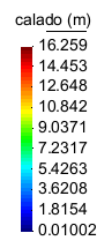
Hidráulica, paso 8.64e+5
Áreas coloreadas de calado (m).

Calado máximo:

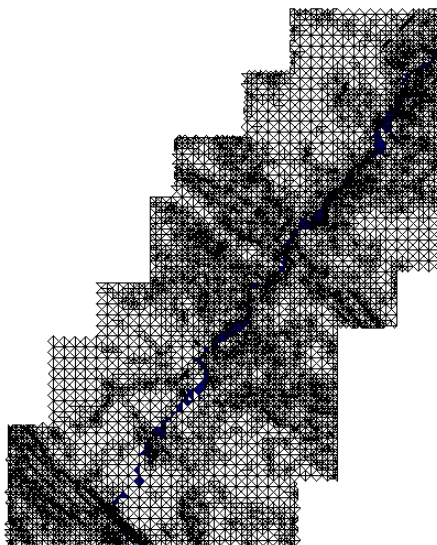
16.259 m

Calado mínimo: 0.01

m



Mapa de velocidades



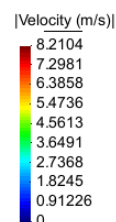
so 8.64e+5
das de Velocitat (m/s) | Velocity (m/s)

Vxmáx: 1.975 m/s

Vx min: -6.246 m/s

Vymáx: 3.1523 m/s

Vy min: -5.8373 m/s



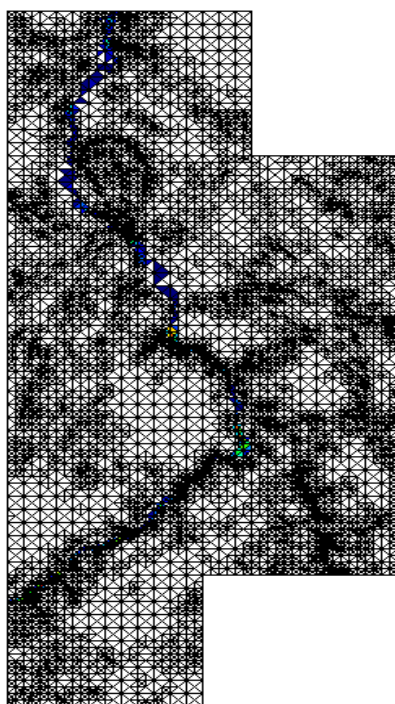
Velocidad máxima: 8.214
m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

Hoja 467

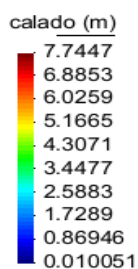
Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 45600.197

Mapa de calados



Calado máximo: 7.7447 m

Calado mínimo: 0.01 m



Mapa de velocidades

Vxmáx: 4.2035 m/s

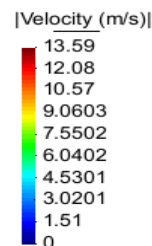
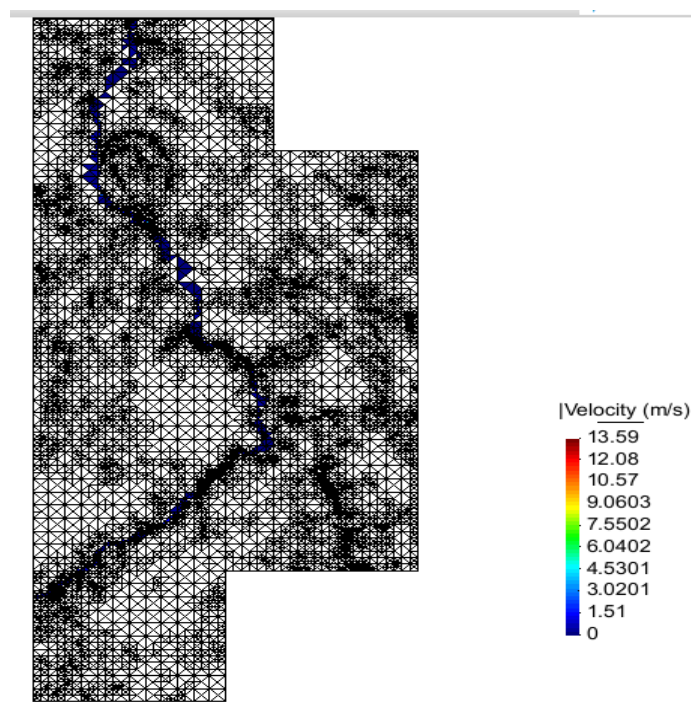
Vx min: -3.2538 m/s

Vymáx: 13.195 m/s

Vy min: -1.5739 m/s

Velocidad máxima: 13.59 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s



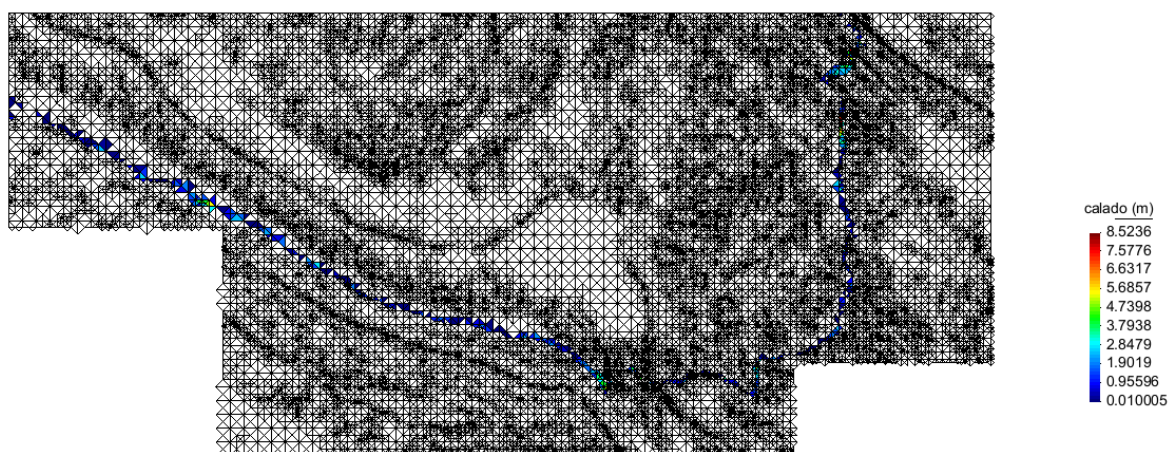
Desarrollo

5 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 175800.756

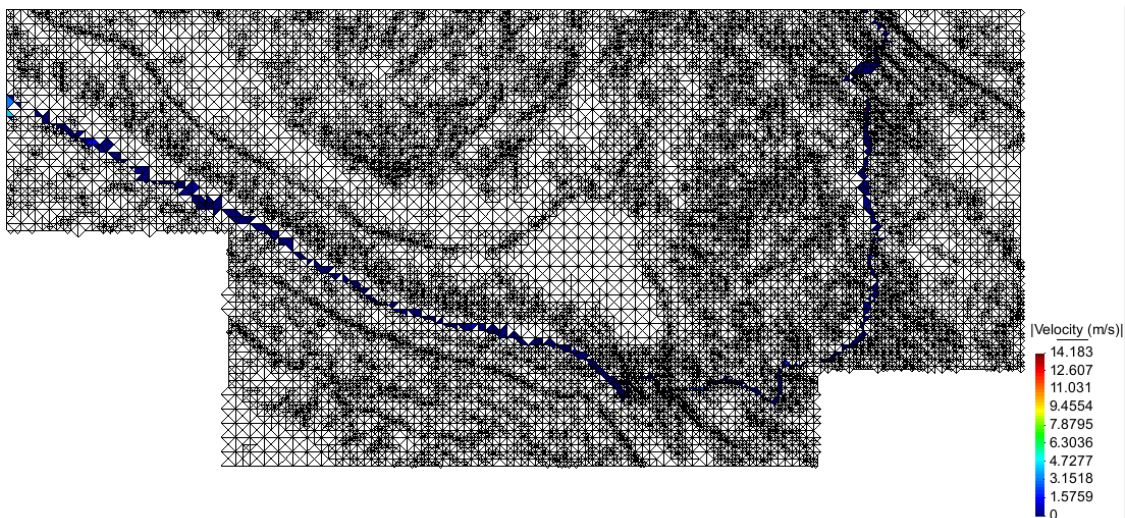
Mapa de calados



Calado máximo: 8.5236 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 13.775 m/s

Vx min: -9.818 m/s

Vy máx: 4.0417 m/s

Vy min: -1.7711 m/s

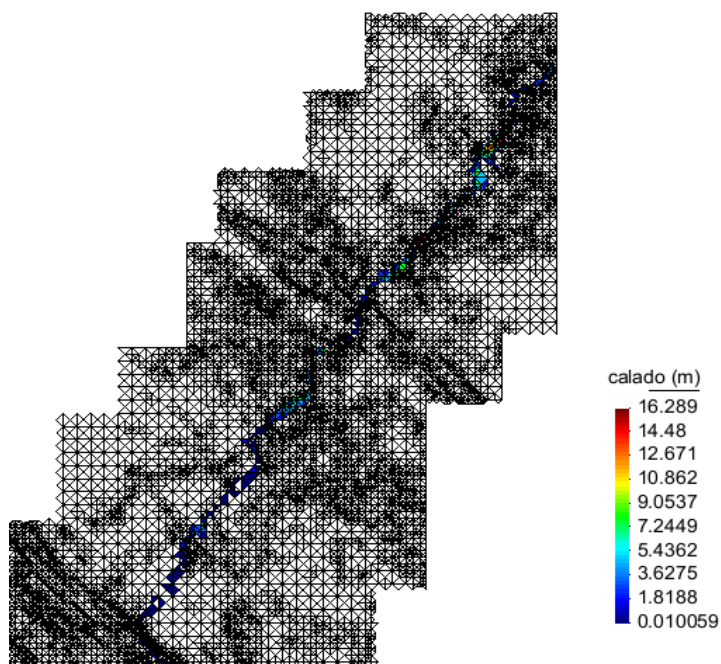
Velocidad máxima: 14.183 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 158400.050

Mapa de calados



Calado máximo: 16.289 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades

$V_{x\text{máx}}$: 4.0139 m/s

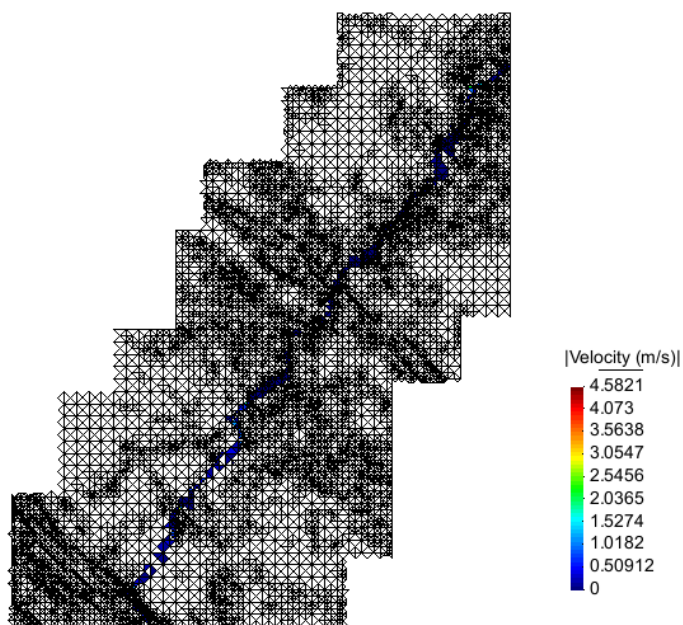
V_x min: -3.7976 m/s

$V_{y\text{máx}}$: 4.0316 m/s

V_y min: -3.2778

Velocidad máxima: 4.5821 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

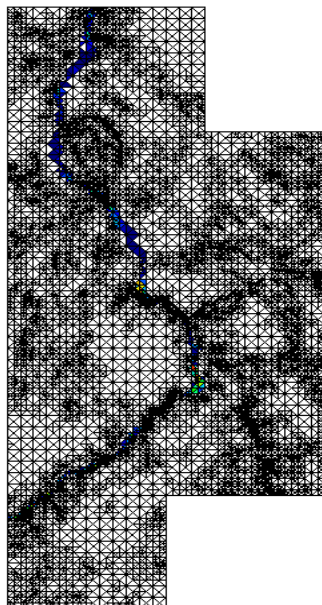


Desarrollo

Hoja 467

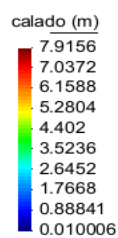
Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 22800.175

Mapa de calados



Calado máximo: 7.9156 m

Calado mínimo: 0.01 m



Mapa de velocidades

Vxmáx: 5.8635 m/s

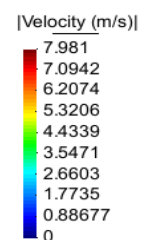
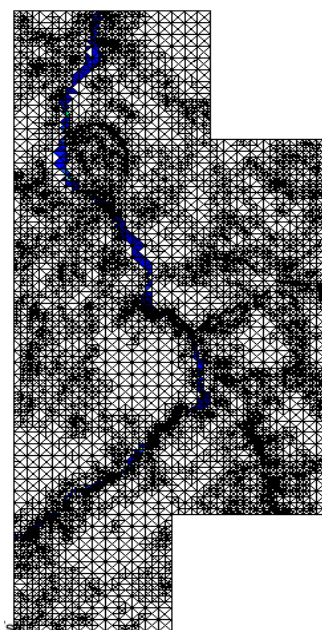
Vx min: -4.8596 m/s

Vymáx: 7.403 m/s

Vy min: -3.6899 m/s

Velocidad máxima: 7.981 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

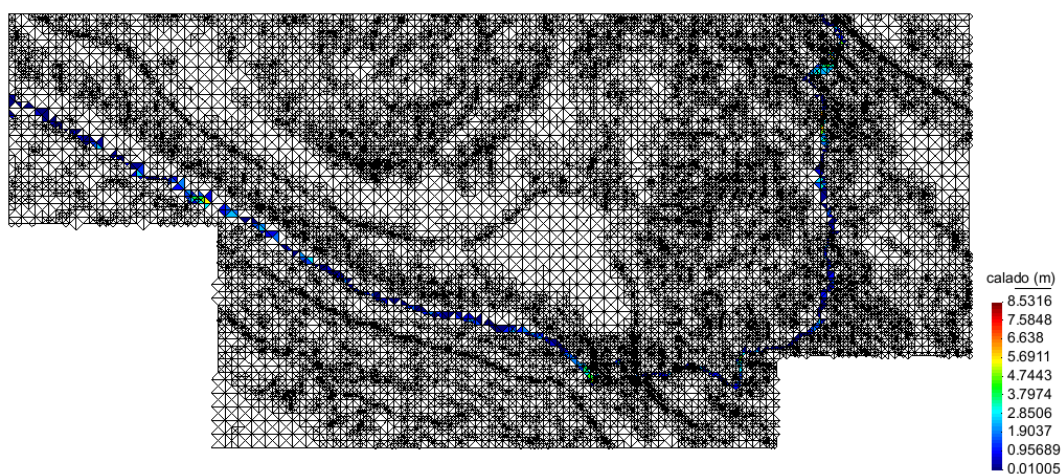


10 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 112200.133

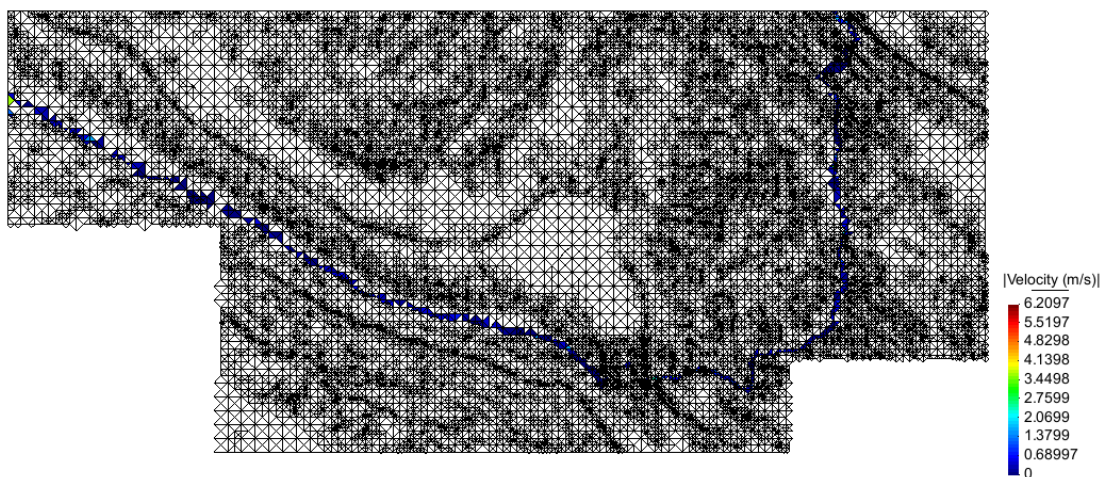
Mapa de calados



Calado máximo: 8.5316 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 4.3155 m/s

Vx min: -1.4818 m/s

Vymáx: 6.1895 m/s

Vy min: -1.4057 m/s

Velocidad máxima: 6.2097 m/s

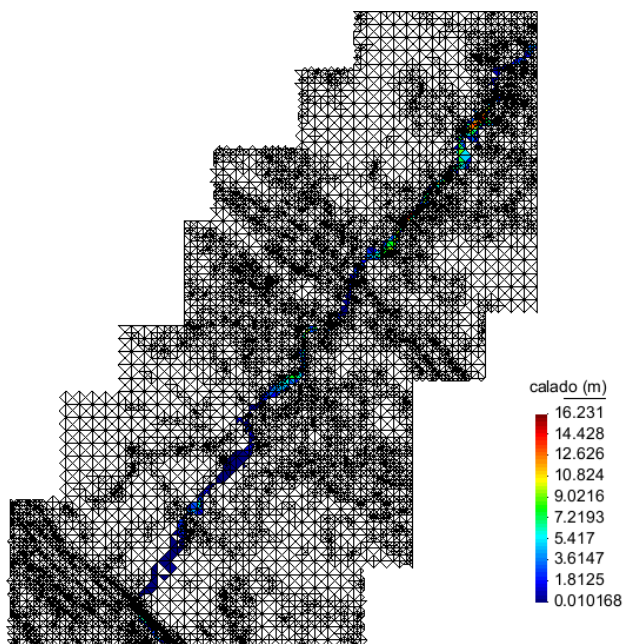
Velocidad mínima: 0 m/s

Desarrollo

Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 97500.013

Mapa de calados



Calado máximo: 16.231 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades

Vx_{máx}: 6.2626 m/s

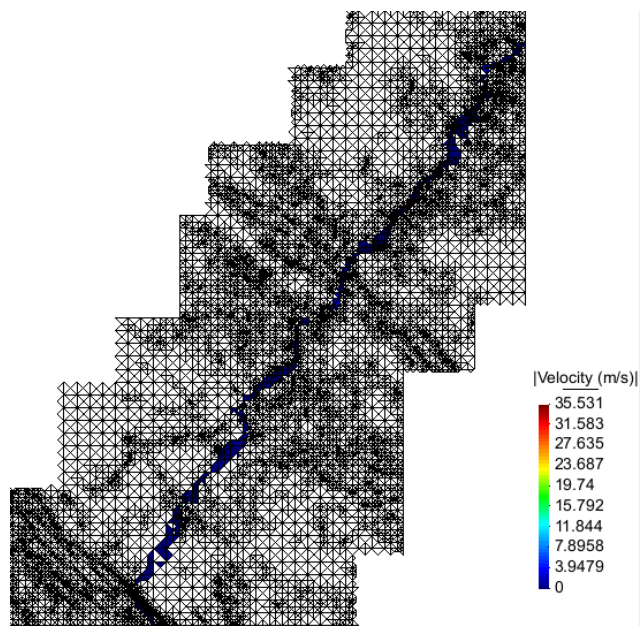
Vx min: -5.7465 m/s

Vy_{máx}: 11.721 m/s

Vy min: -35.525 m/s

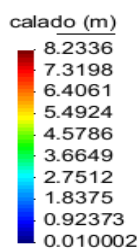
Velocidad máxima: 35.531 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

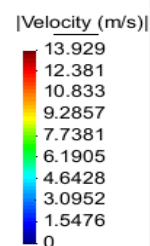


Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 16200.007

Calado mínimo: 0.01 m



Velocidad mínima: 0 m/s



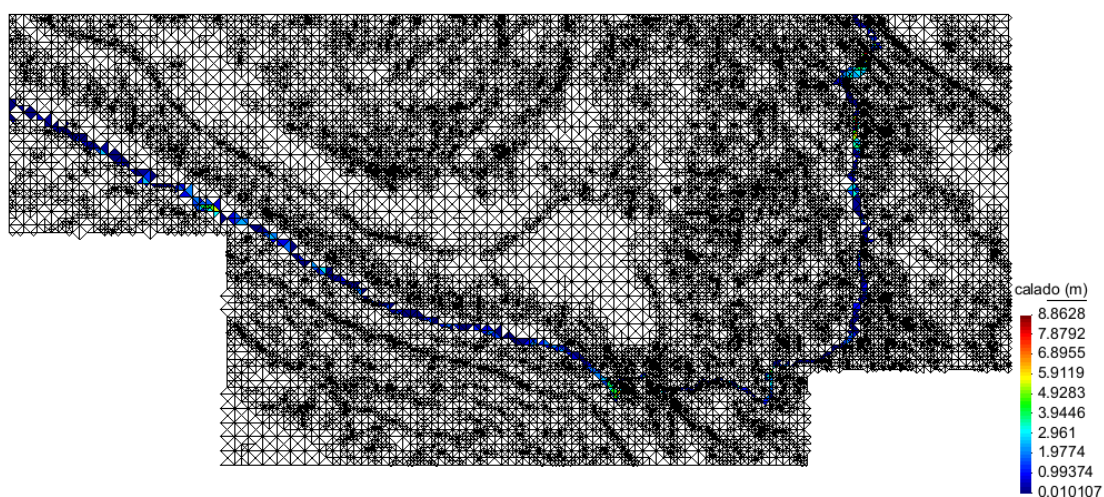
Desarrollo

25 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 63000.319

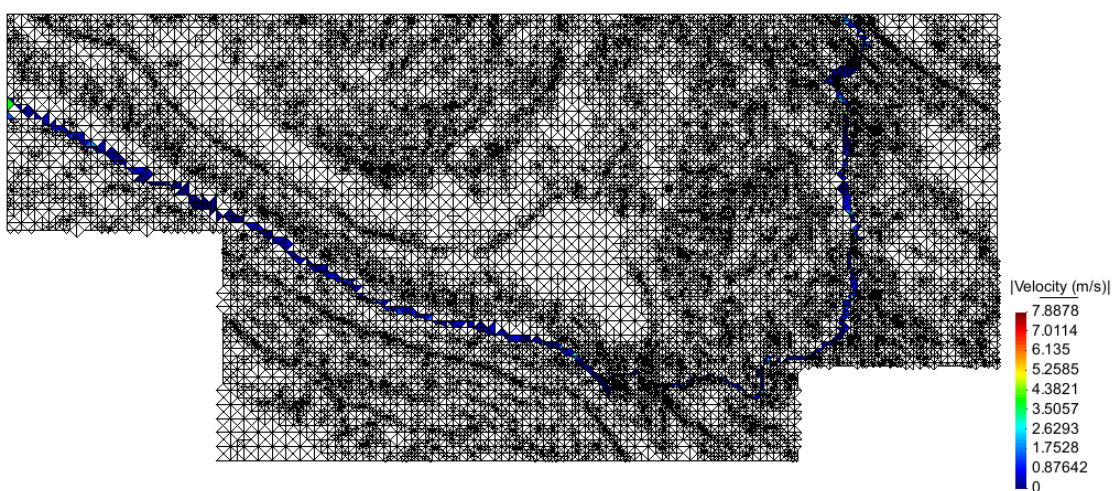
Mapa de calados



Calado máximo: 8.8628 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 6.8647 m/s

Vx min: -7.2811 m/s

Vymáx: 4.2476 m/s

Vy min: -6.5764 m/s

Velocidad máxima: 7.8878 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

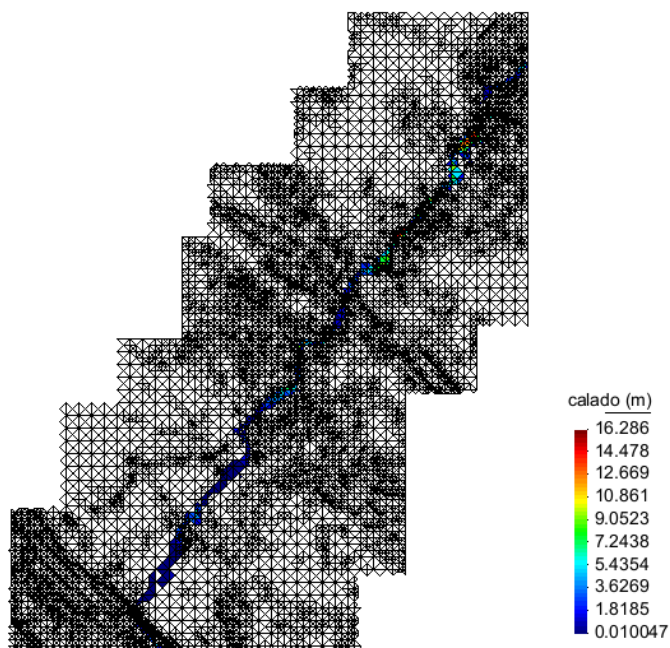
Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 59100.217

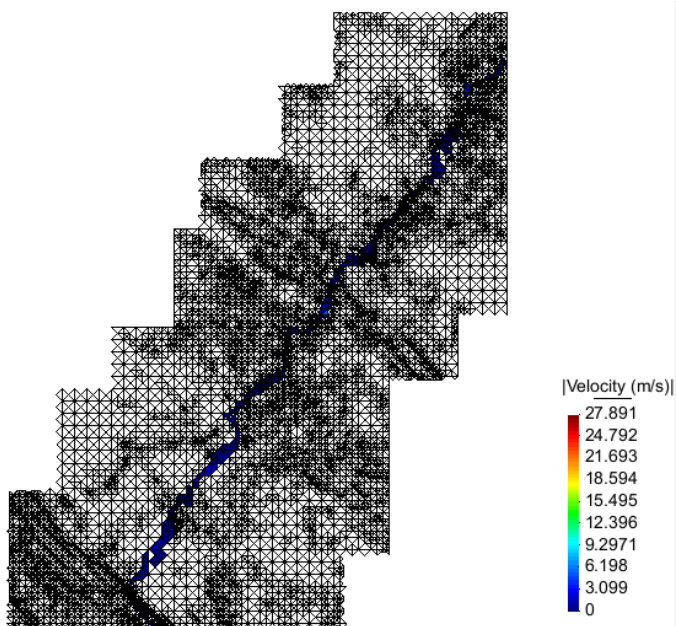
Mapa de calados

Calado máximo: 16.286 m

Calado mínimo: 0.01 m



Mapa de velocidades



Vxmáx: 24.971 m/s

Vx min: -9.102 m/s

Vymáx: 12.425 m/s

Vy min: -2.2435 m/s

Velocidad máxima: 27.891 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

Desarrollo

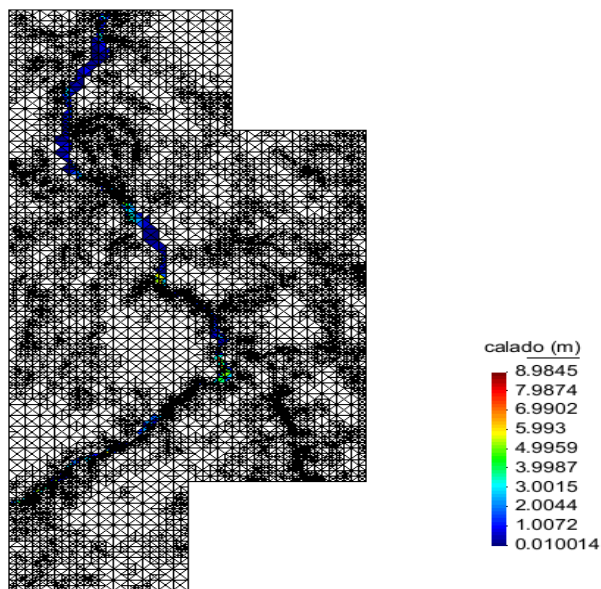
Hoja 467

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 11400.036

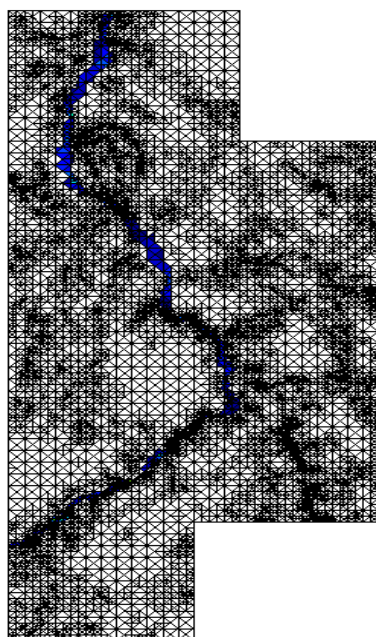
Mapa de calados

Calado máximo: 8.9845 m

Calado mínimo: 0.01 m



Mapa de velocidades



Vxmáx: 7.3814 m/s

Vx min: -6.0468 m/s

Vymáx: 8.7142 m/s

Vy min: -11.83 m/s

Velocidad máxima: 12.88 m/s

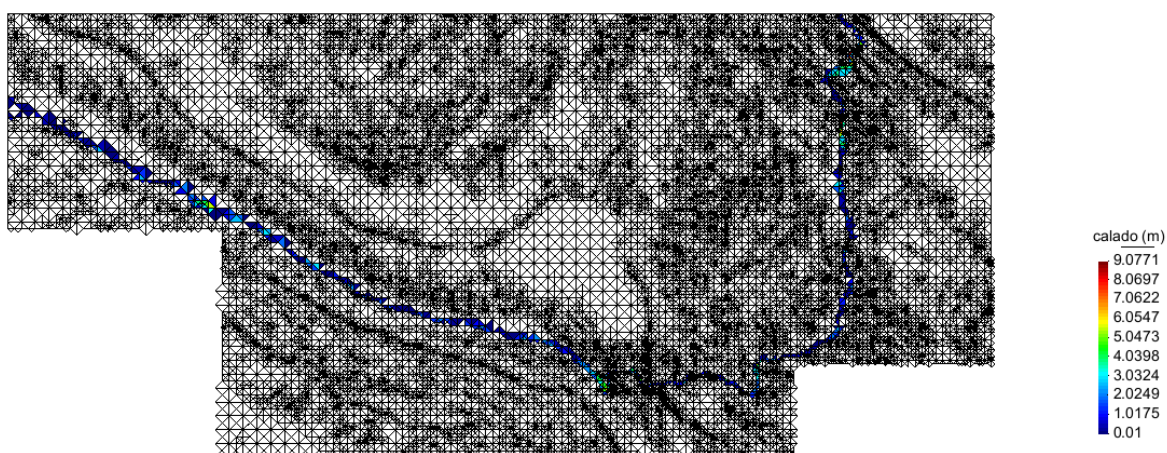
Velocidad mínima: 0 m/s

100 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 32400.108

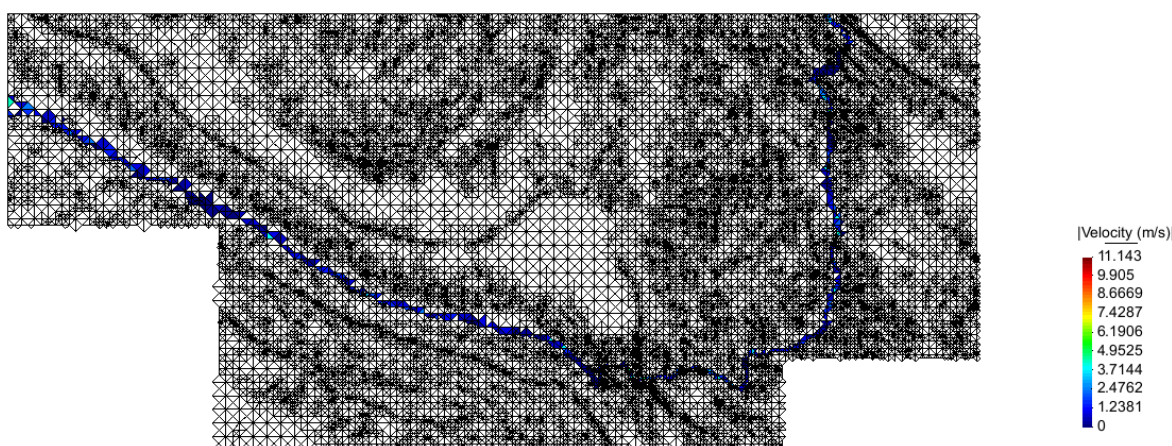
Mapa de calados



Calado máximo: 9.0771 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 11.127 m/s

Vx min: -3.2277 m/s

Vymáx: 5.8399 m/s

Vy min: -9.2947

Velocidad máxima: 11.143 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

Desarrollo

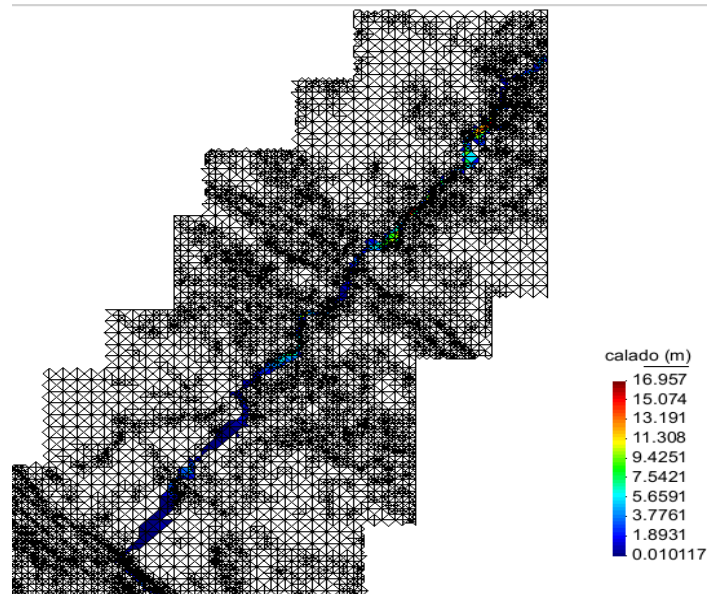
Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 31800.086

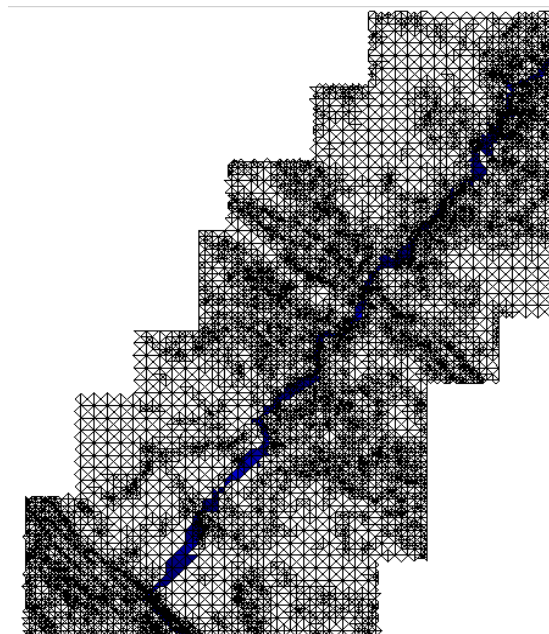
Mapa de calados

Calado máximo: 16.957 m

Calado mínimo: 0.01 m



Mapa de velocidades



Vxmáx: 19.592 m/s

Vx min: -14.226 m/s

Vymáx: 41.661 m/s

Vy min: -1.10 m/s

Velocidad máxima: 45.862 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

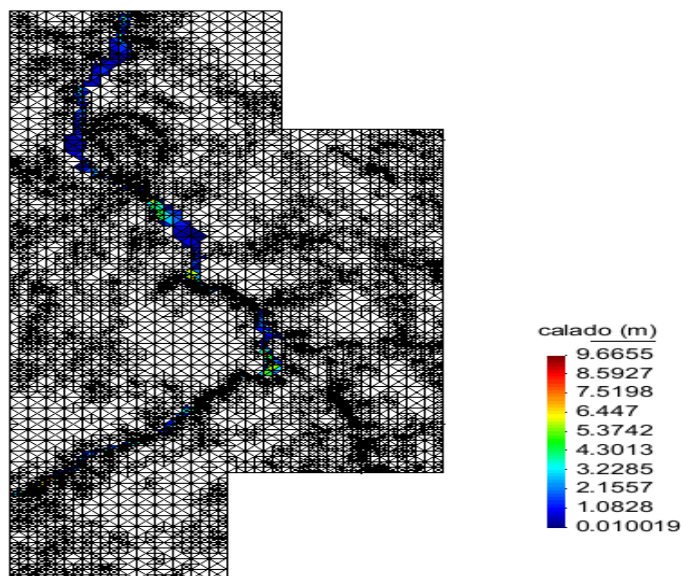
Hoja 467

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 7500.088

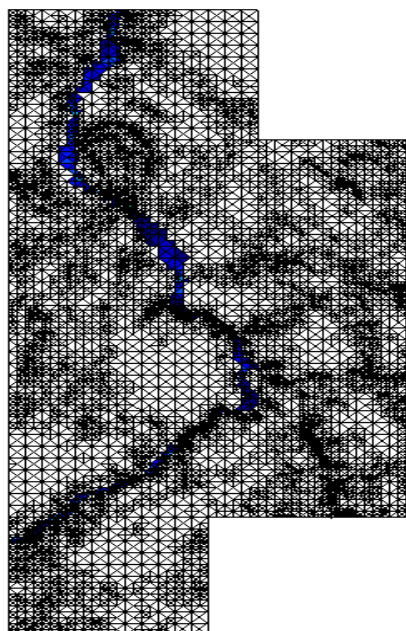
Mapa de calados

Calado máximo: 9.6655 m

Calado mínimo: 0.01 m



Mapa de velocidades



Vx_{máx}: 10.225 m/s

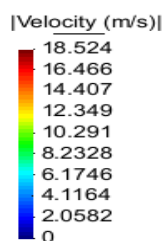
Vx_{min}: -6.7253 m/s

Vy_{máx}: 10.302 m/s

Vy_{min}: -18.523 m/s

Velocidad máxima: 18.524 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s



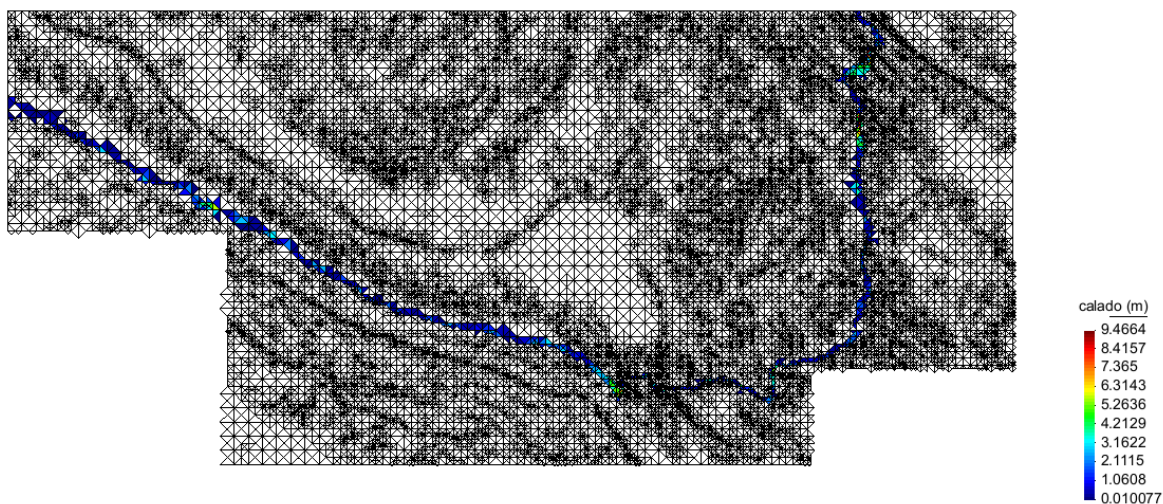
Desarrollo

500 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 18300.352

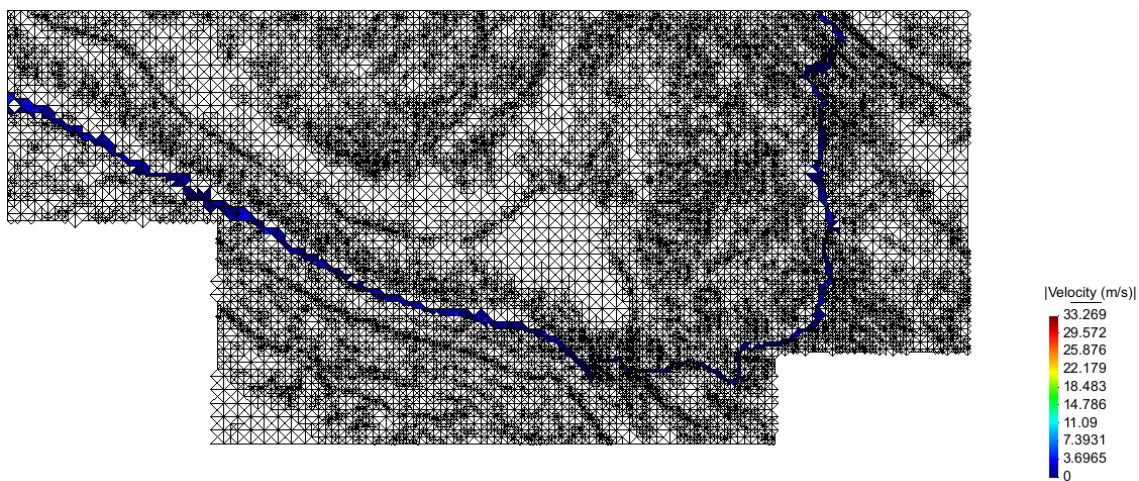
Mapa de calados



Calado máximo: 9.4999 m/s

Calado mínimo: 0 m/s

Mapa de velocidades



Vxmáx: 17.58 m/s

Vx min: -9.3358 m/s

Vymáx: 7.7507 m/s

Vy min: -28.245 m/s

Velocidad máxima: 33.269 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

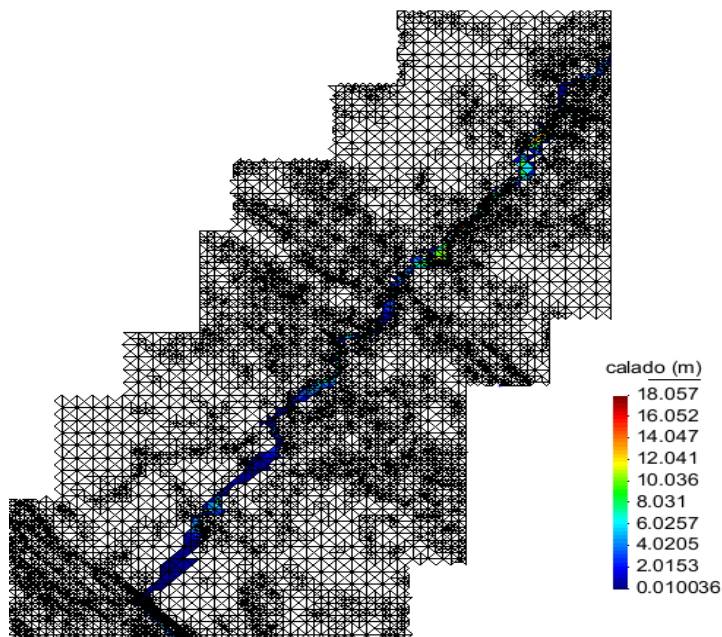
Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 18000.172

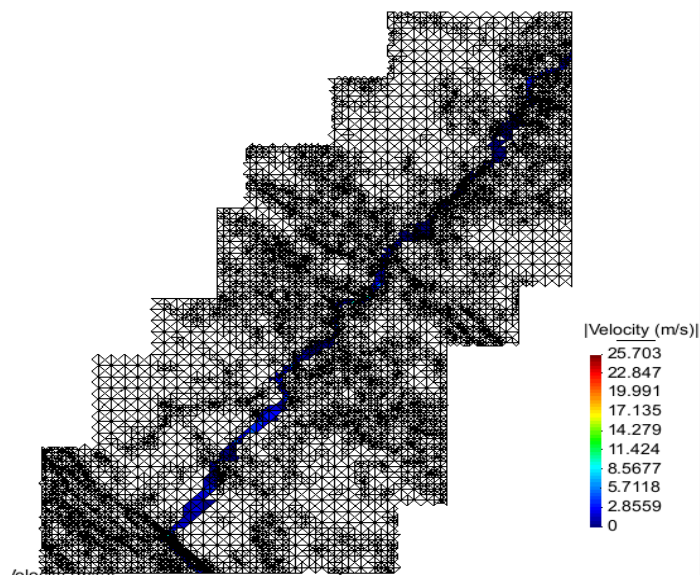
Mapa de calados

Calado máximo: 18.057 m

Calado mínimo: 0.01 m



Mapa de velocidades



Vxmáx: 13.869 m/s

Vx min: -25.649 m/s

Vymáx: 23.019 m/s

Vy min: -5.554 m/s

Velocidad máxima: 25.703 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

Desarrollo

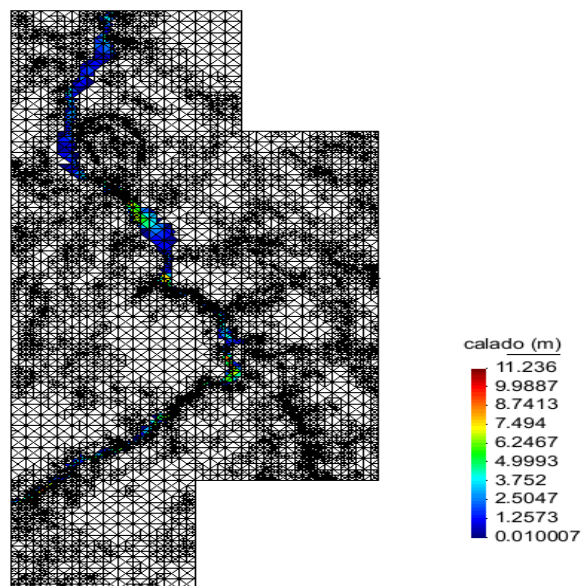
Hoja 467

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 5400.087

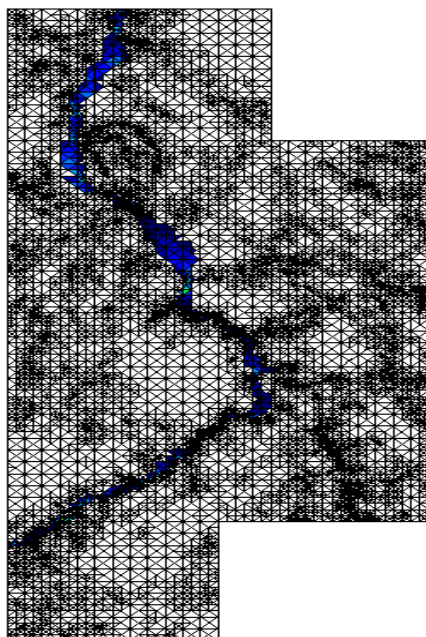
Mapa de calados

Calado máximo: 11.236 m

Calado mínimo: 0.01 m



Mapa de velocidades



Vxmáx: 12.641 m/s

Vx min: -10.814 m/s

Vymáx: 17.856 m/s

Vy min: -10.393 m/s

Velocidad máxima: 18.737 m/s

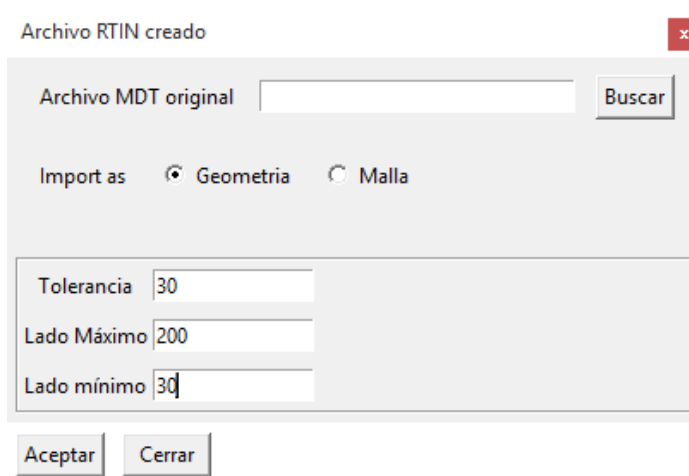
Velocidad mínima: 0 m/s

4.2.6. *MODELIZACIÓN EN BASE A DATOS ASTER*

Al igual que para la modelización en base a cartografía LIDAR, el primer paso será crear el área de trabajo, por lo que se importará la cartografía ASTER, que se recortará para asignar correctamente las condiciones hidrodinámicas, tanto iniciales como de contorno, unos usos de suelo y sobre la que se realizará la modelización.

Todo el proceso es igual que en el caso anterior, sólo cambiando los datos a introducir en el momento de la importación de la geometría.

Los datos LIDAR tienen una resolución de 5 metros, mientras que los datos de la cartografía ASTER tienen una resolución de 30 metros. Cuando se carga la cartografía hay que tener esto en cuenta:



RTIN ASTER

Los archivos que se cargan no coinciden con los archivos descargados, sino que han sido previamente recortados y editados con otros programas como AutoCAD, Global Mapper y ArcGIS a fin de que la simulación se pudiera hacer con el mismo número de hojas, cada una con el mismo área (aproximadamente), que la simulación con datos LIDAR, para poder realizar las simulaciones con los mismos valores y poder comparar posteriormente los resultados.

Desarrollo

Todo el proceso posterior a la carga de imágenes no se va a describir ya que es similar al realizado en la modelización en base a cartografía LIDAR, cambiando sólo la tabla con los datos del problema en lo que a parámetros de tiempo se refiere.

	Hoja 492		Hoja 466		Hoja 467	
	Tiempo máximo de simulación	Intervalo de resulta- dos	Tiempo máximo de simulación	Intervalo de resulta- dos	Tiempo máximo de simulación	Intervalo de resulta- dos
2 años	6912000	1800	6912000	1800	2592000	600
5 años	1728000	900	1728000	900	864000	600
10 años	1728000	900	864000	600	864000	600
25 años	864000	300	345600	300	345600	300
100 años	432000	300	172800	300	172800	300
500 años	172800	300	86400	300	86400	300

Parámetros de tiempo ASTER

Los resultados de estas simulaciones son los siguientes:

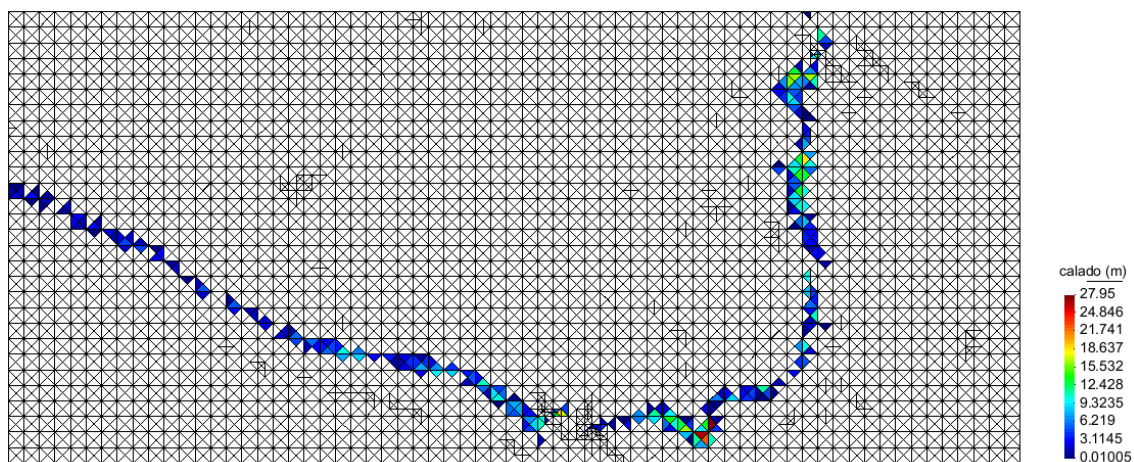
Resultados

2 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 5952600.989

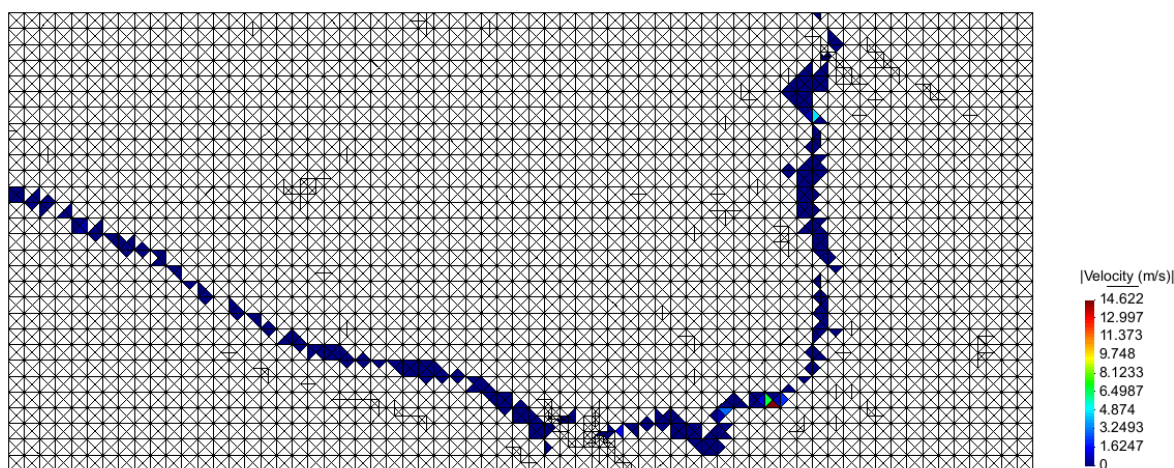
Mapa de calados



Calado máximo: 27.95 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 14.573 m/s

Vx min: -2.6639 m/s

Vymáx: 4.1399 m/s

Vy min: -1.268 m/s

Velocidad máxima: 14.622 m/s

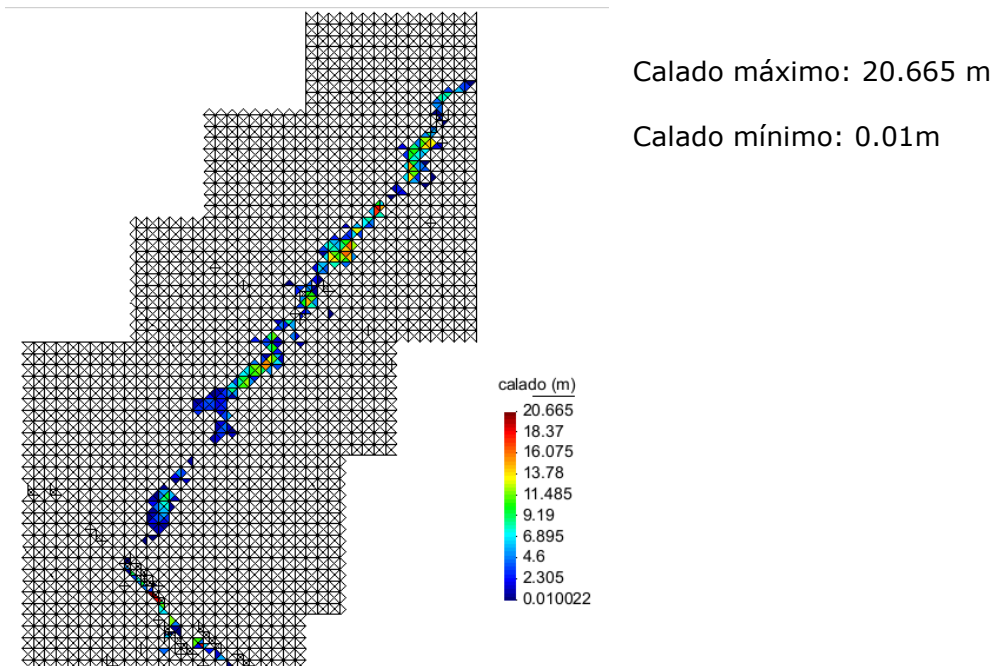
Velocidad mínima: 0 m/s

Desarrollo

Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 1697400.221

Mapa de calados



Mapa de velocidades

Vxmáx: 1.477 m/s

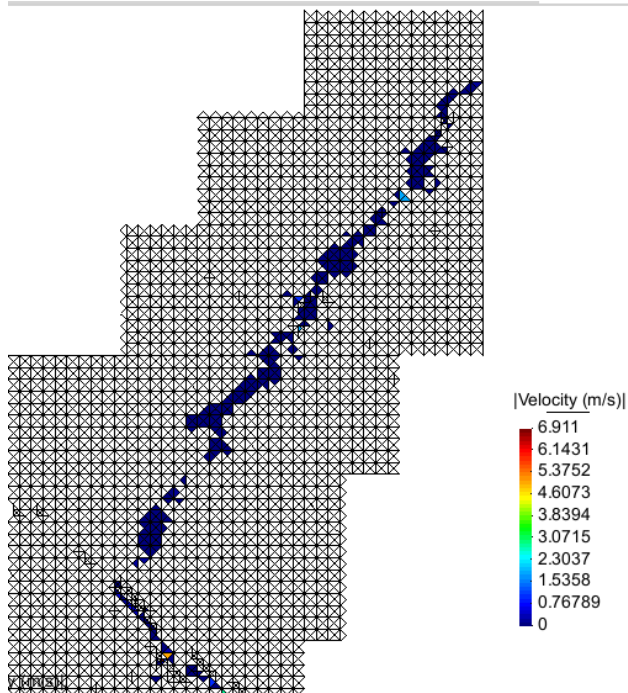
Vx min: -4.4523 m/s

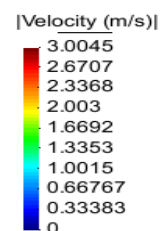
Vymáx: 2.2354 m/s

Vy min: -6.2654 m/s

Velocidad máxima: 6.911 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s





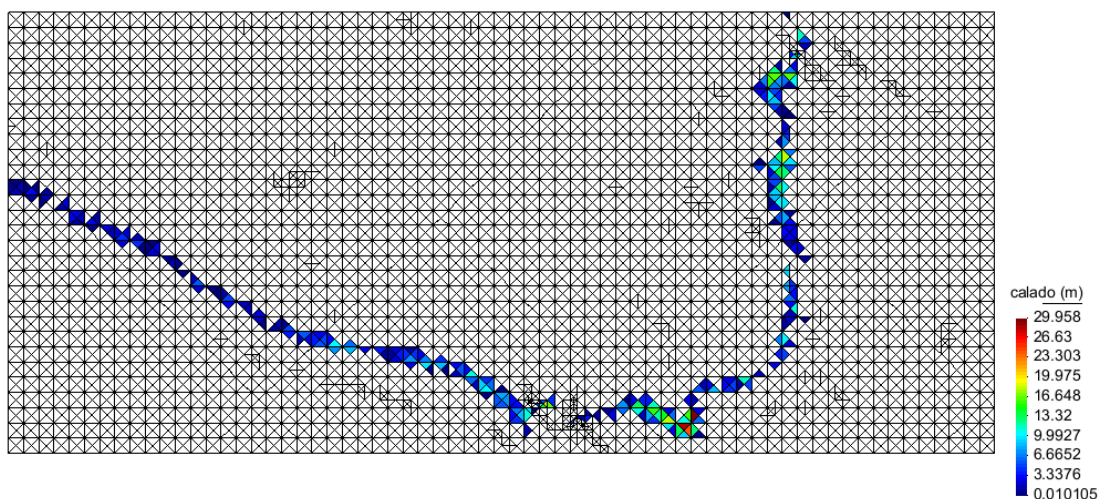
Desarrollo

5 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 1544400.146

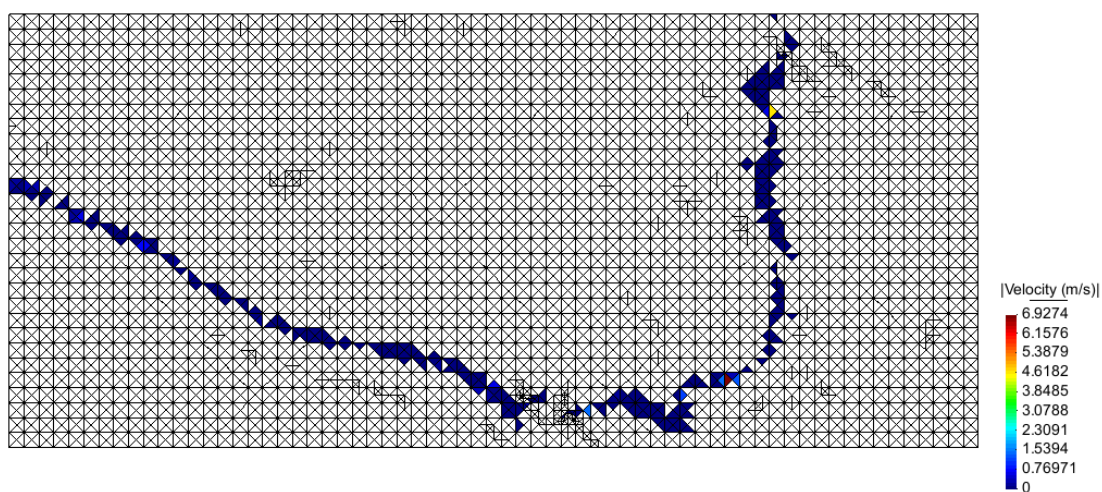
Mapa de calados



Calado máximo: 29.958 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 6.6564 m/s

Vx min: -2.5273 m/s

Vymáx: 3.8192 m/s

Vy min: -1.9186 m/s

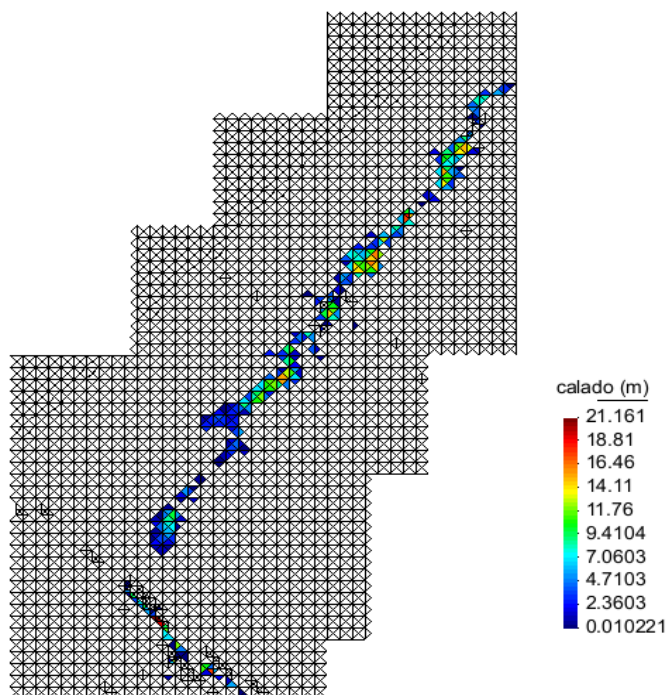
Velocidad máxima: 6.9274 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s):606600.338

Mapa de calados



Calado máximo: 21.161 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades

Vxmáx: 1.4949 m/s

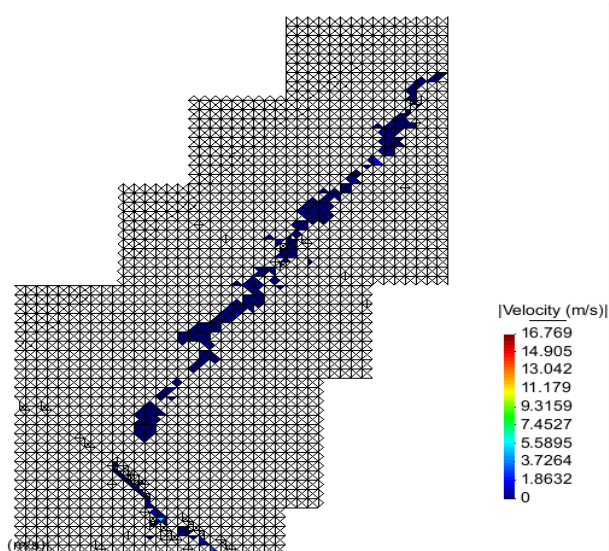
Vx min: -15.677 m/s

Vymáx: 5.9505 m/s

Vy min: -5.6151 m/s

Velocidad máxima: 16.769 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

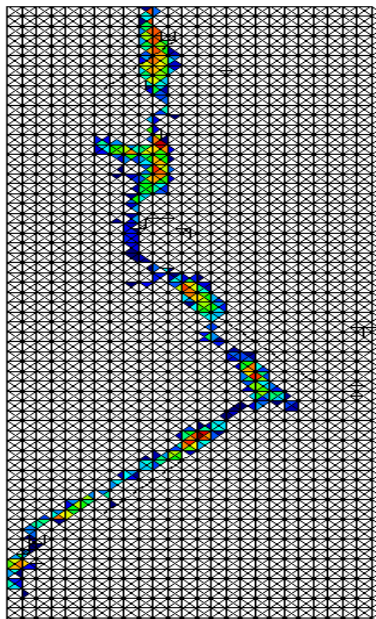


Desarrollo

Hoja 467

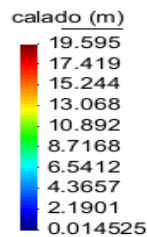
Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 620400.968

Mapa de calados



Calado máximo: 19.595 m

Calado mínimo: 0.014 m



Mapa de velocidades

Vxmáx: 3.3445 m/s

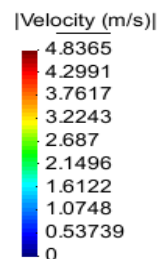
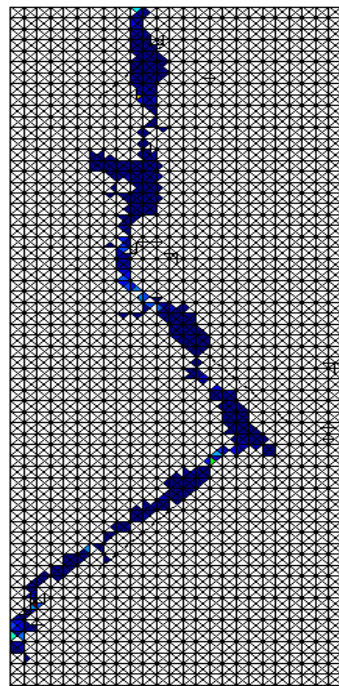
Vx min: -1.0848 m/s

Vymáx: 3.8181 m/s

Vy min: -0.48788 m/s

Velocidad máxima: 4.8365 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

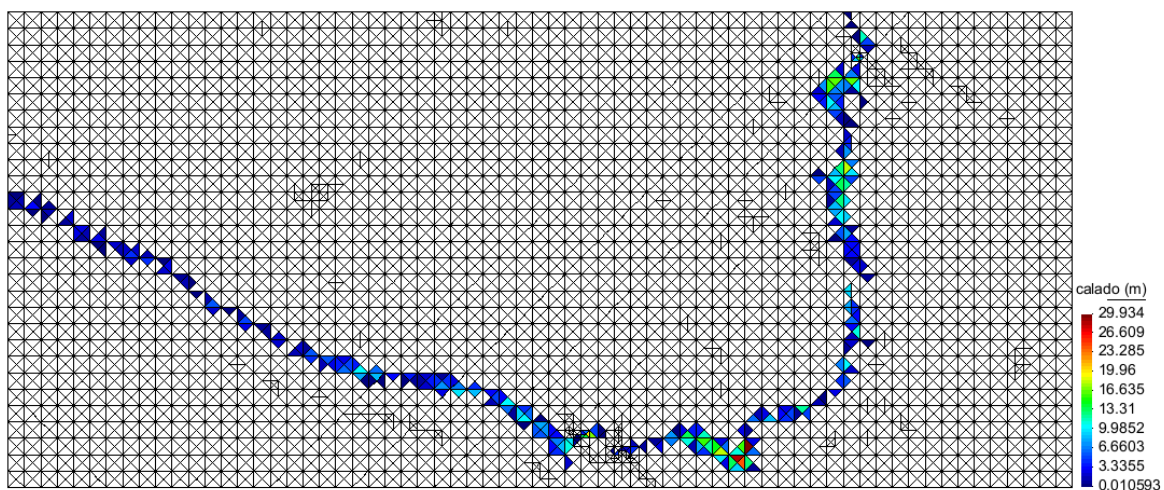


10 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 900000.932

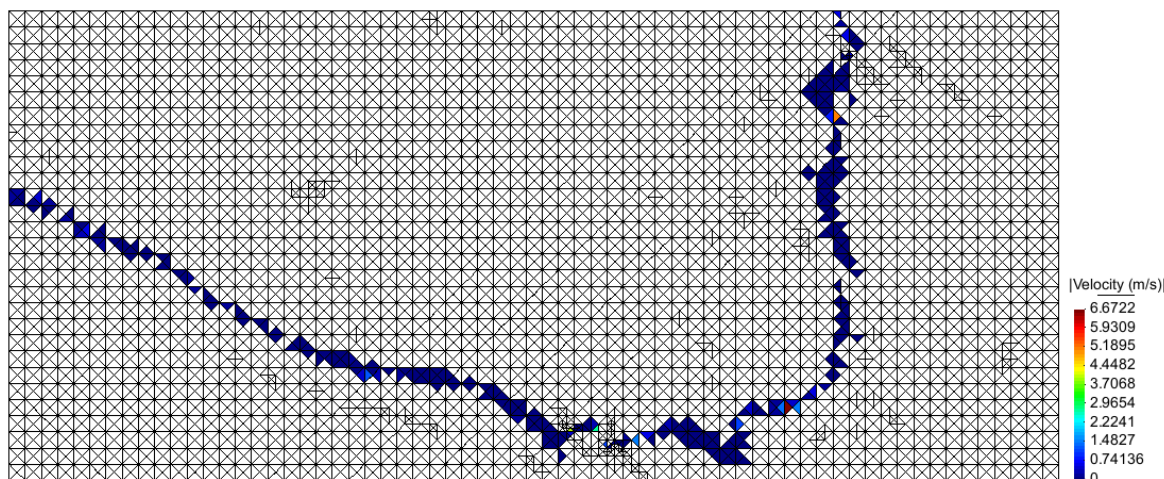
Mapa de calados



Calado máximo: 29.934m

Calado mínimo: 0.010 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 6.2497 m/s

Vx min: -2.6984 m/s

Vymáx: 4.3201 m/s

Vy min: -2.3365 m/s

Velocidad máxima: 6.6722 m/s

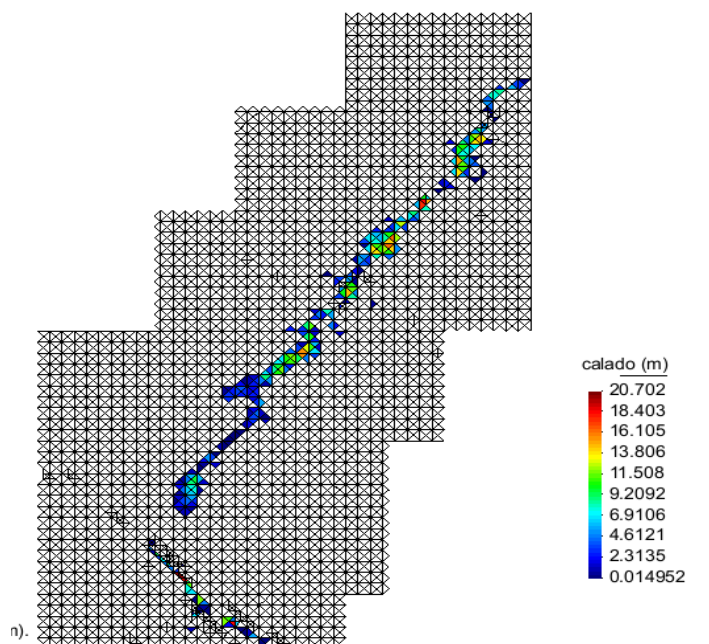
Velocidad mínima: 0 m/s

Desarrollo

Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 353700.087

Mapa de calados



Calado máximo: 20.702 m

Calado mínimo: 0.015 m

Mapa de velocidades

Vxmáx: 1.7517 m/s

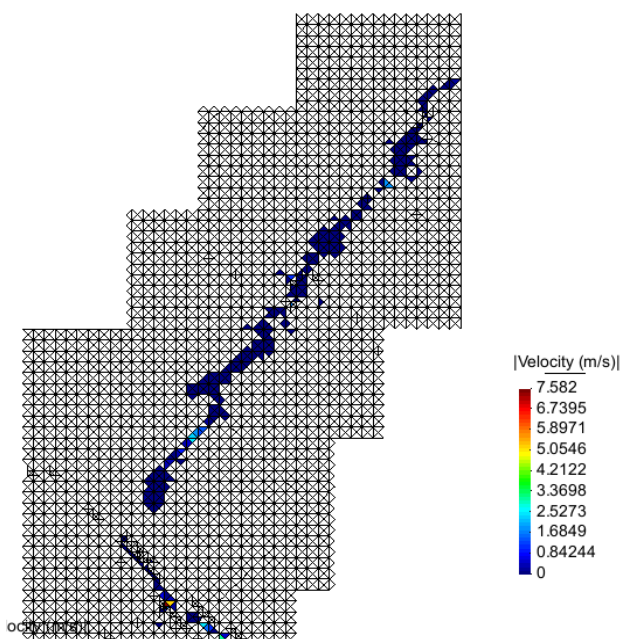
Vx min: -7.3571 m/s

Vymáx: 2.4084 m/s

Vy min: -6.1238 m/s

Velocidad máxima: 7.582 m/s

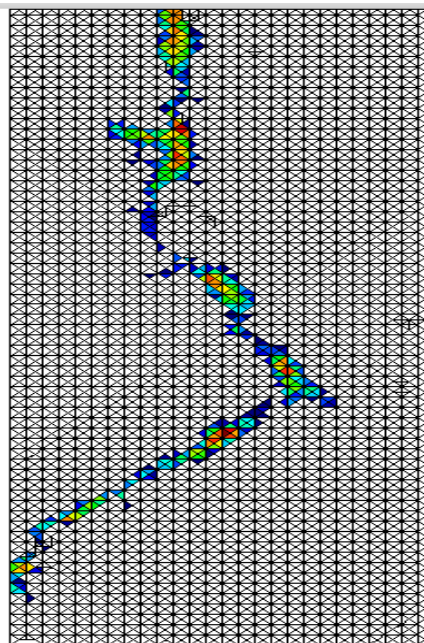
Velocidad mínima: 0 m/s



Hoja 467

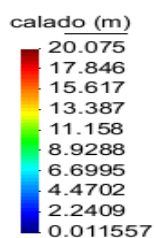
Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 402000.748

Mapa de calados



Calado máximo: 20.075 m

Calado mínimo: 0.011 m



Mapa de velocidades

Vxmáx: 3.4251 m/s

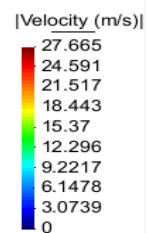
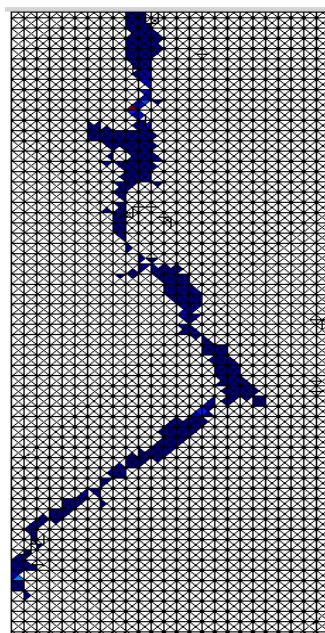
Vx min: -4.9902 m/s

Vymáx: 27.452 m/s

Vy min: -1.2045 m/s

Velocidad máxima: 27.665 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s



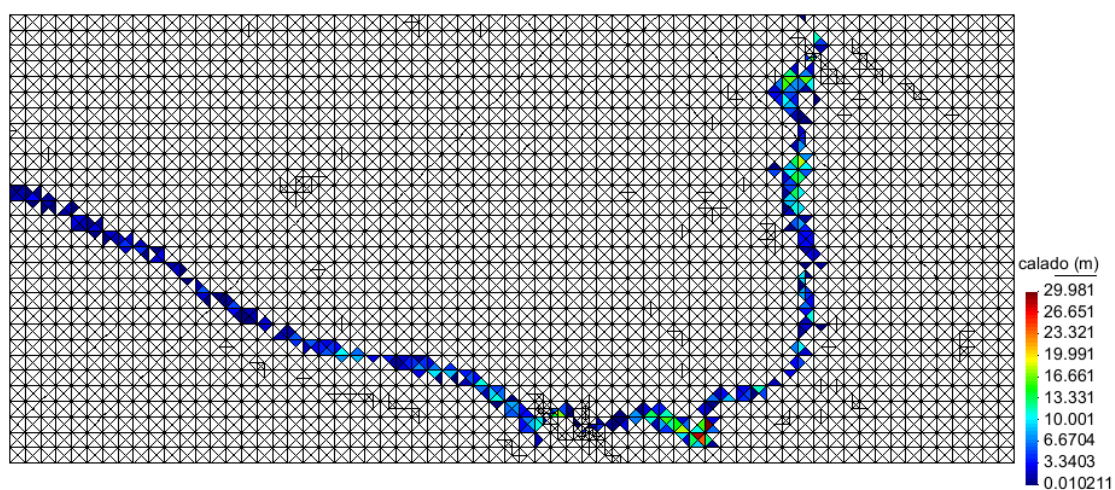
Desarrollo

25 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 505500.422

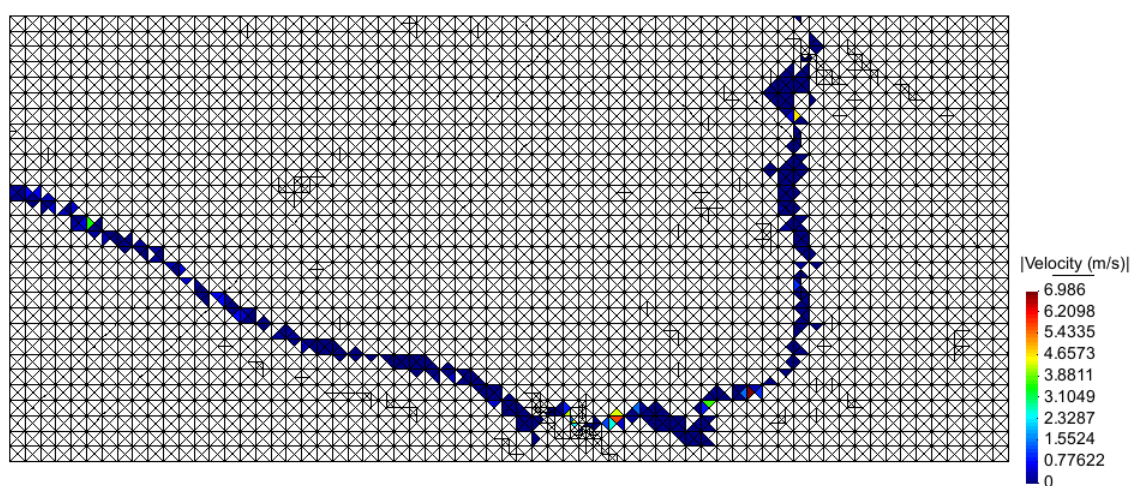
Mapa de calados



Calado máximo: 29.981 m

Calado mínimo: 0.01 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 6.8057 m/s

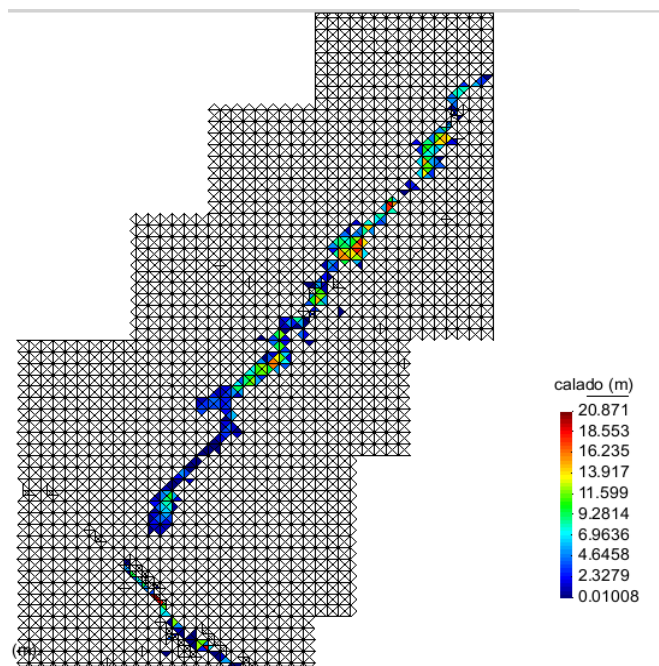
Vx min: -2.5644 m/s

Vymáx: 3.9498 m/s

Vy min: -4.2281 m/s

Velocidad máxima: 6.986 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

Hoja 466**Mapa de calados**

Calado máximo: 20.871 m

Calado mínimo: 0.010 m

Mapa de velocidades

Vxmáx: 3.5795 m/s

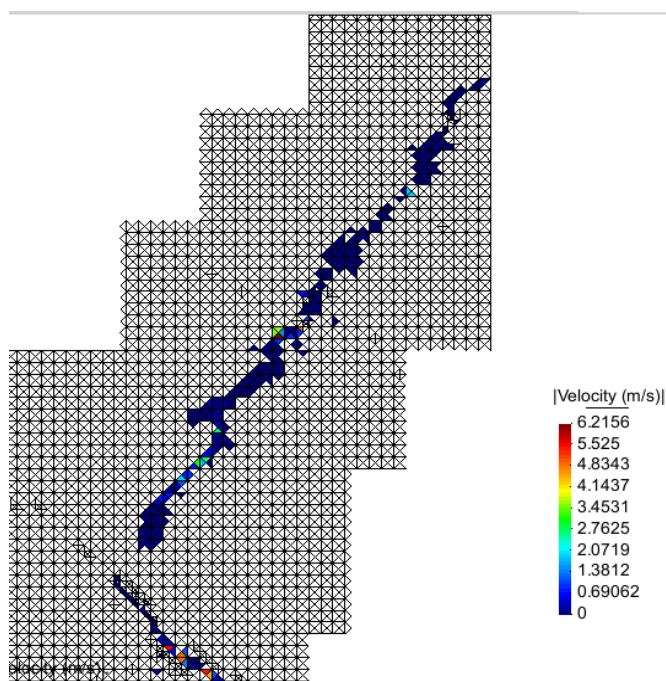
Vx min: -4.8316 m/s

Vymáx: 5.6942 m/s

Vy min: -1.4952 m/s

Velocidad máxima: 6.2156 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

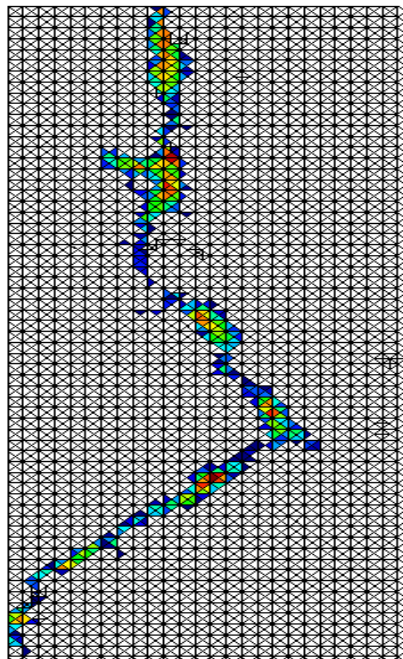


Desarrollo

Hoja 467

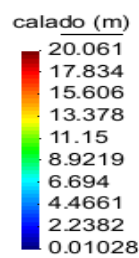
Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 243600.768

Mapa de calados



Calado máximo: 20.61 m

Calado mínimo: 0.010 m



Mapa de velocidades

Vxmáx: 146.48 m/s

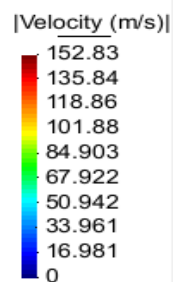
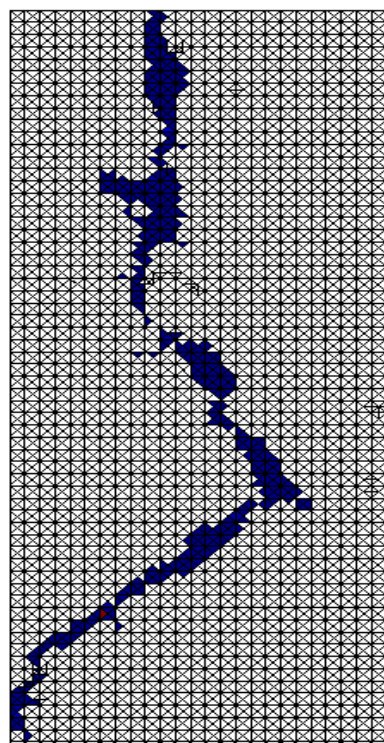
Vx min: -6.9183

Vymáx: 43.573 m/s

Vy min: -4.0484 m/s

Velocidad máxima: 152.83 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

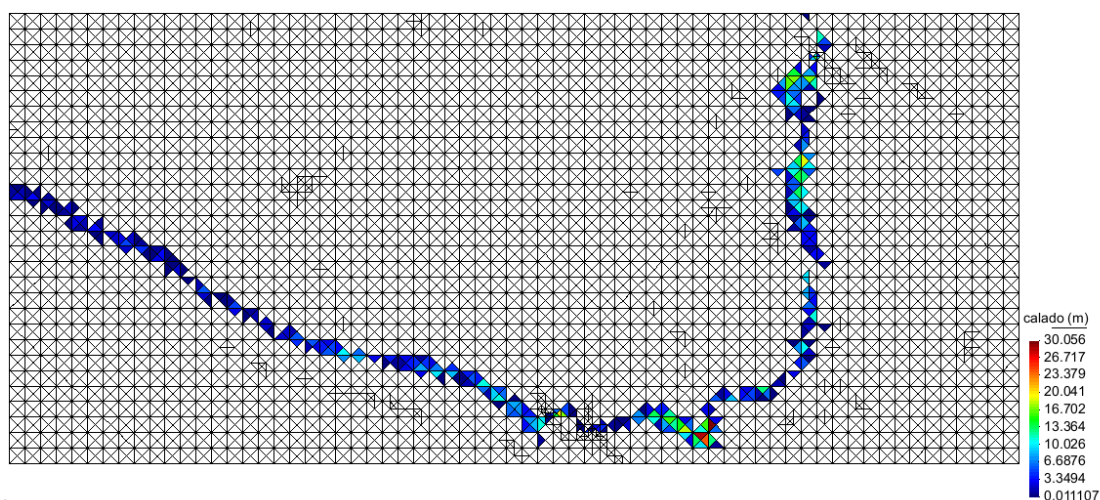


100 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 227700.675

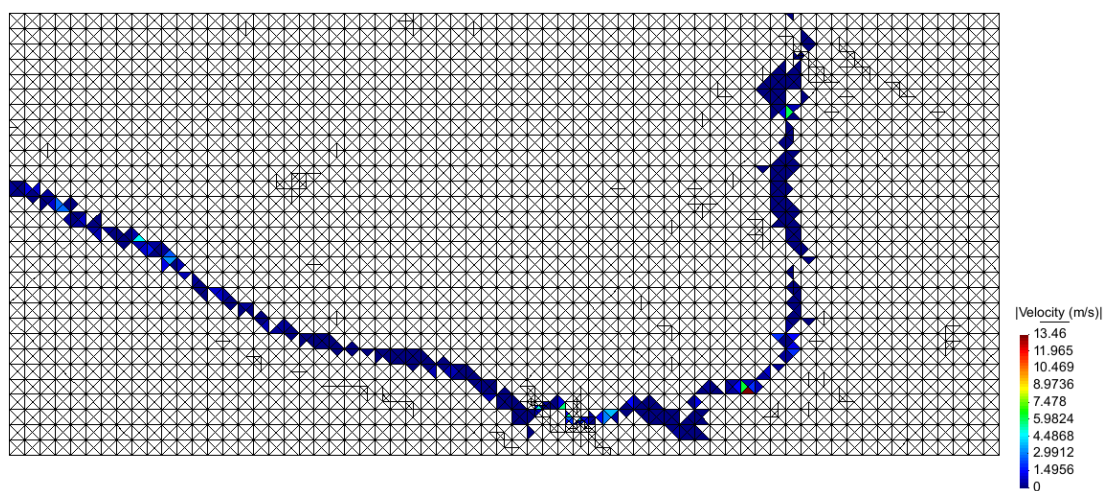
Mapa de calados



Calado máximo: 30.056 m

Calado mínimo: 0.011 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 12.982 m/s

Vx min: -2.8889 m/s

Vymáx: 5.4335 m/s

Vy min: -3.9678 m/s

Velocidad máxima: 13.46 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

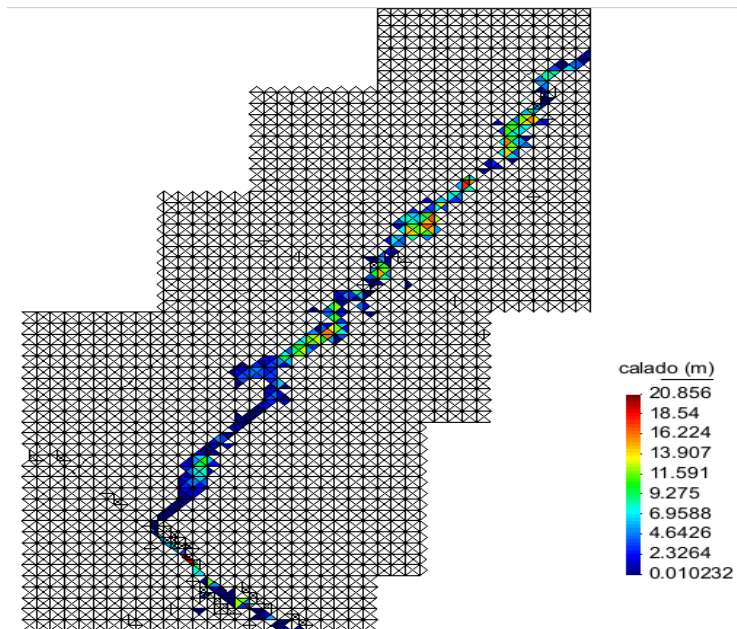
Desarrollo

Hoja 466

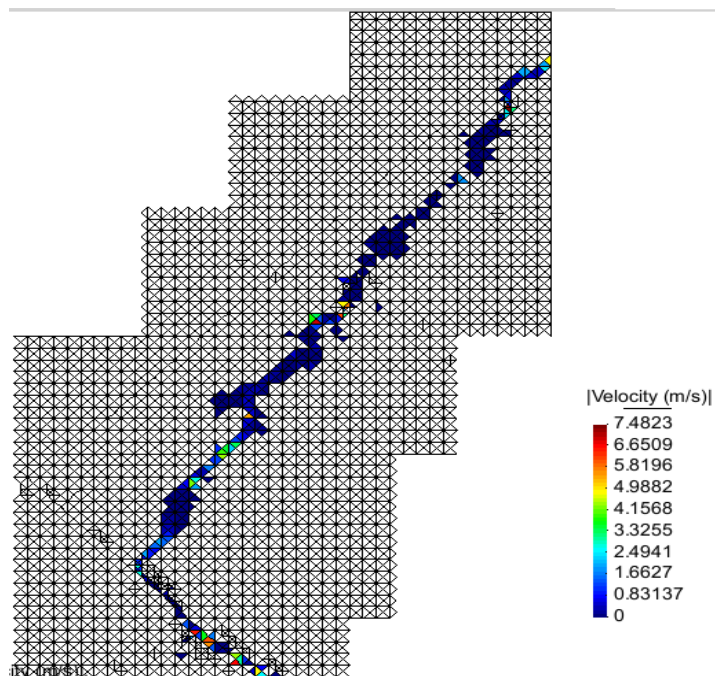
Mapa de calados

Calado máximo: 20.856 m

Calado mínimo: 0.010 m



Mapa de velocidades



Vxmáx: 5.091 m/s

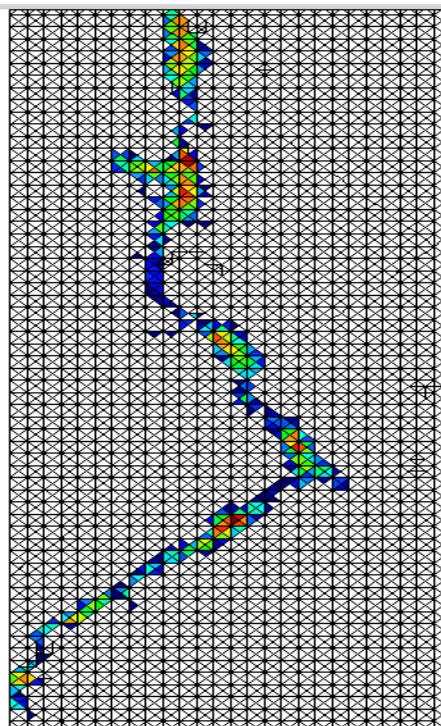
Vx min: -5.6604 m/s

Vymáx: 6.7472 m/s

Vy min: -1.4583 m/s

Velocidad máxima: 7.4823 m/s

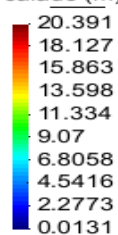
Velocidad mínima: 0 m/s

Hoja 467**Mapa de calados**

Calado máximo: 20.391 m

Calado mínimo: 0.013 m

calado (m)

**Mapa de velocidades**

Vxmáx: 29.487 m/s

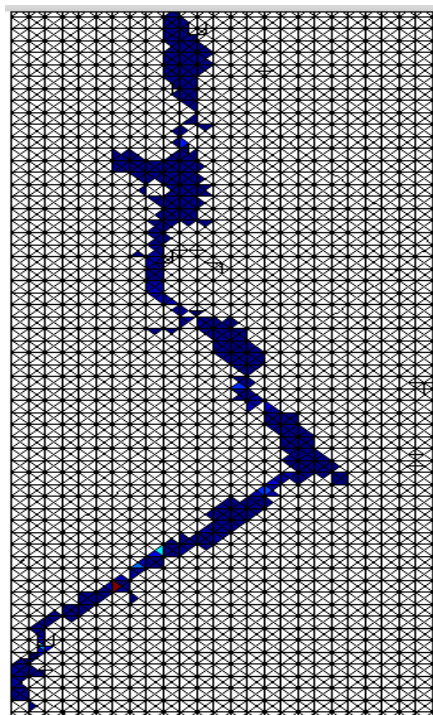
Vx min: -1.8203 m/s

Vymáx: 7.5732 m/s

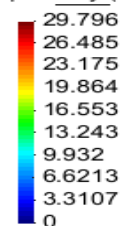
Vy min: -0.6337 m/s

Velocidad máxima: 29.796 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s



[Velocity (m/s)]



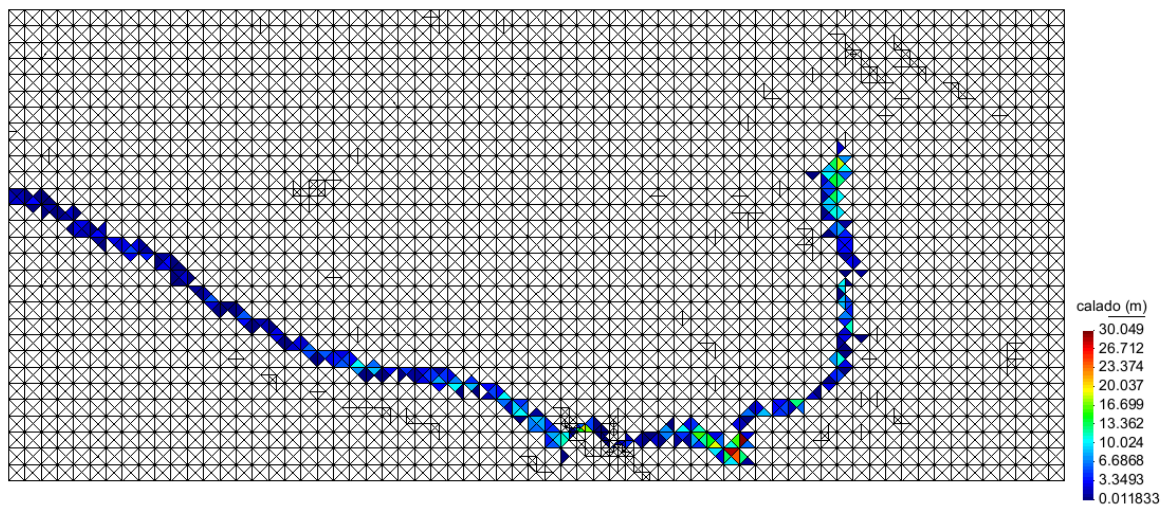
Desarrollo

500 años de periodo de retorno

Hoja 492

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s):102300.164

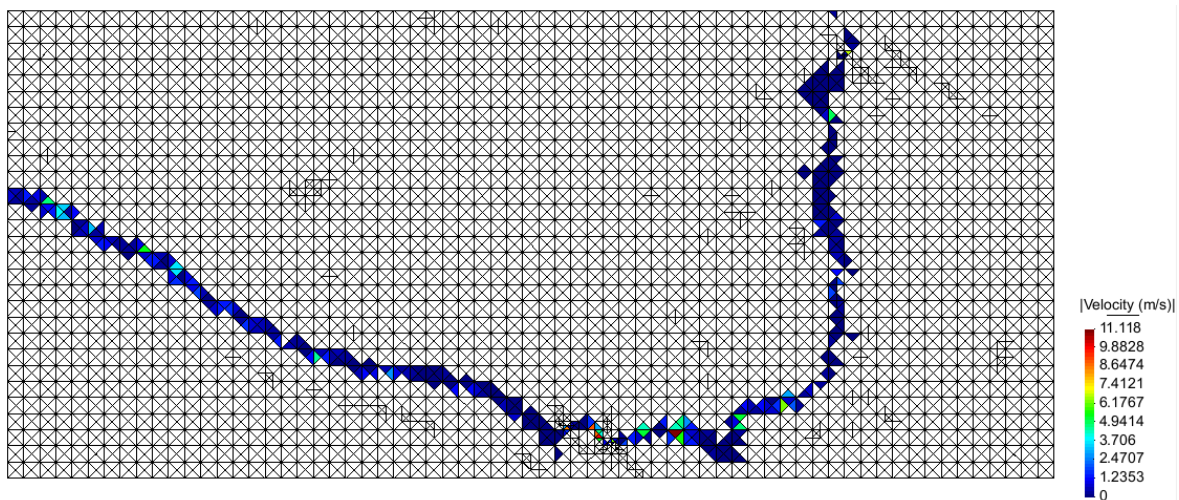
Mapa de calados



Calado máximo: 30.126 m

Calado mínimo: 0.010 m

Mapa de velocidades



Vxmáx: 9.172 m/s

Vx min: -5.6659 m/s

Vymáx: 8.4734 m/s

Vy min: -9.6918 m/s

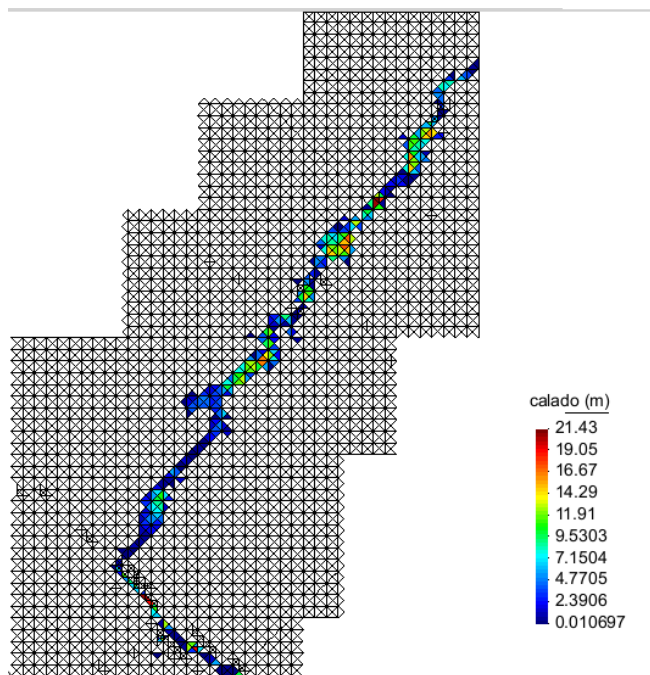
Velocidad máxima: 11.118 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

Hoja 466

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 54922.322

Mapa de calados



Calado máximo: 21.43 m

Calado mínimo: 0.010 m

Mapa de velocidades

Vxmáx: 11.114 m/s

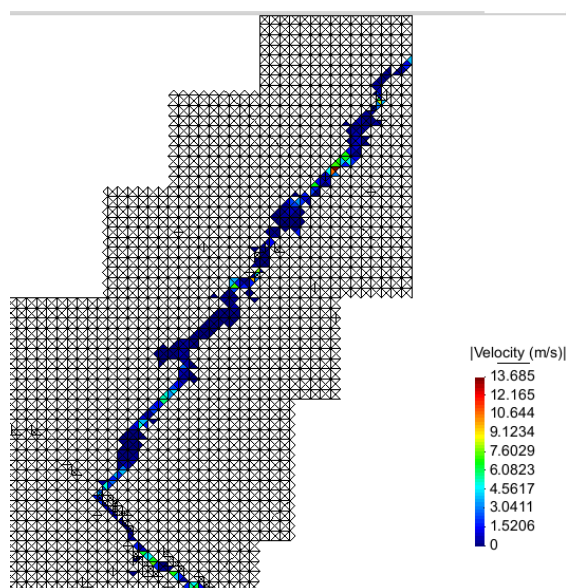
Vx min: -6.2363 m/s

Vymáx: 10.886 m/s

Vy min: -4.7121 m/s

Velocidad máxima: 13.685 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s



Desarrollo

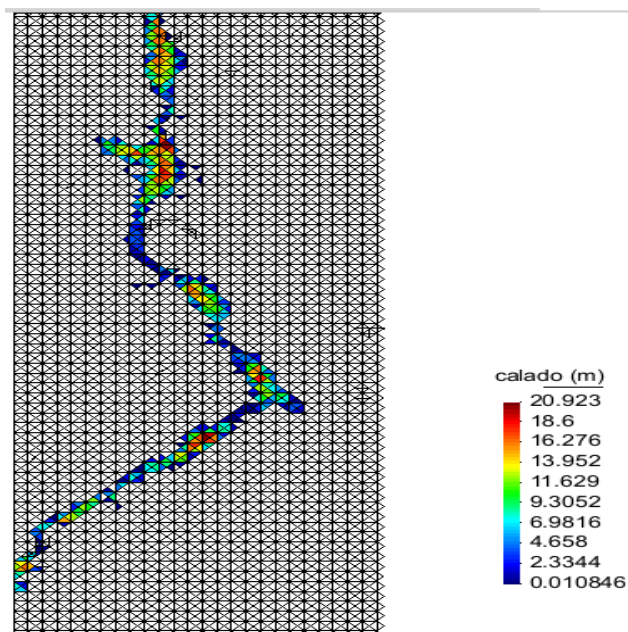
Hoja 467

Instante en el que empieza a salir agua del modelo (s): 63300.327

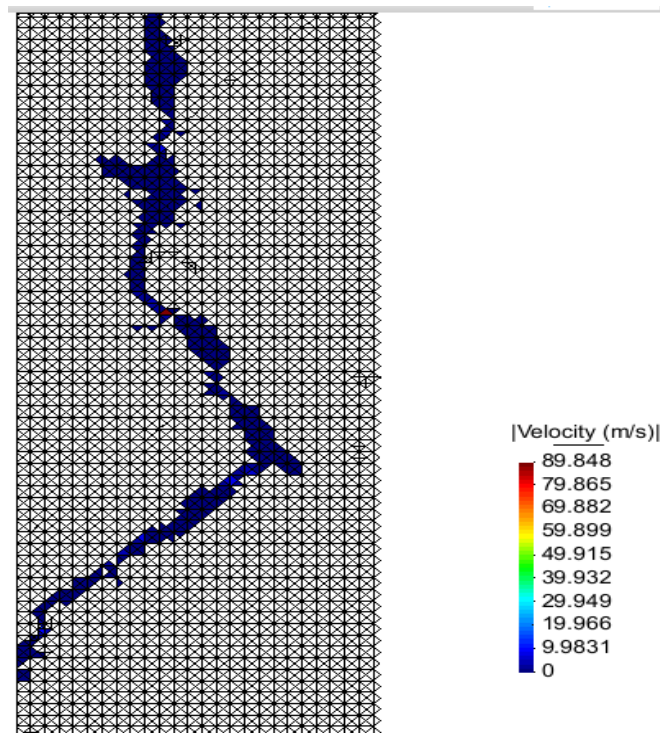
Mapa de calados

Calado máximo: 20.923 m

Calado mínimo: 0.010 m



Mapa de velocidades



Vxmáx: 7.6251 m/s

Vx min: -28.114 m/s

Vymáx: 85.336 m/s

Vy min: -0.43198 m/s

Velocidad máxima: 89.848 m/s

Velocidad mínima: 0 m/s

4.2.7. CONCLUSIONES

Desde el primer momento se pueden encontrar importantes diferencias entre ambos tipos de sistemas cartográficos. La cartografía LIDAR tiene una resolución de 5 metros, estando todo mucho más definido y detallado, mientras que la cartografía ASTER, de treinta metros de resolución, no detalla tan bien el terreno como la otra. Por el contrario la cartografía ASTER al tener un número inferior de elementos para el mismo área que la cartografía LIDAR permite que el ordenador trabaje mucho más rápido a la hora de cargarla, asignar condiciones y realizar simulaciones.

En la parte de asignar condiciones y datos, por ejemplo la rugosidad en estos casos, si se realiza manualmente es más complicado en la cartografía ASTER, ya que pese a haber realizado previamente una simulación de prueba, y poder ayudarse de ortofotos en algunos casos, al no ser la cartografía tan detallada hay menos puntos de referencia visual, teniendo que tener más cuidado. También es más complicado ya que al estar formada por triángulos más grandes, éstos se adaptan peor al relieve, no siendo tan preciso como con la cartografía LIDAR.

Si se habla ya de las simulaciones, las cartografías ASTER se realizan mucho más rápido pero los resultados no son tan exactos. Las áreas de inundación son mayores en este tipo de cartografía ya que aunque sólo afecte a un punto del triángulo que modela el terreno, todo él ya aparece coloreado, aumentando más el área que se muestra como afectada.

Los valores entre los dos tipos de cartografías también varían considerablemente. En la cartografía LIDAR, para la primera hoja el valor de calado máximo se suele señalar cerca de unas pozas de Segura de Baños, con valores de hasta 10 metros en los mayores casos. Para esa misma hoja, la cartografía ASTER genera unos valores de 30 metros. Esta diferencia, y similares, son más reseñables en las partes más montañosas y escarpadas del terreno, véase hojas 492, disminuyendo en las zonas más llanas, hojas 466, aunque aún importante, 4 metros en algunos casos.

Los otros valores que se han destacado son las velocidades en ambas direcciones. Esta es una de las cualidades del programa, la bidimensionalidad, que permite que se puedan ver los resultados en los ejes x e y. También se puede ver la velocidad total.

Desarrollo

En los resultados de las simulaciones con cartografía ASTER las velocidades son incongruentes en algunos casos, y muy sobredimensionadas en otros, se alcanzan velocidades de más de $150 \text{ m/s} = 540 \text{ km/h}$ en una simulación, lo que hace pensar que la cartografía ASTER no es la mejor a la hora de dar estos resultados, al menos en esa área y con este programa.

Por último destacar los tiempos desde el inicio de simulación e inicio de entrada de caudales a la zona de estudio hasta el tiempo en el que empieza a salir agua del terreno. La cartografía LIDAR da unos resultados relativamente razonables teniendo en cuenta el tipo de terreno, su longitud y los caudales que se manejan. Por el contra, la cartografía ASTER da unos resultados mucho mayores y sin sentido en algunos casos, siendo más de diez veces mayores en algunos de los ejemplos de estudio, lo que en casos reales es muy importante si se quisiera crear un sistema de protección usando estos datos.

Todas estas diferencias en los resultados llevan a decir que la cartografía LIDAR, de 5 metros, es más precisa en caso de estudio del terreno español, con terrenos escarpados, pudiendo obtener con ella datos más realistas y que pueden usarse con bastantes mejor resultados a la hora de realizar estudios de inundación, planes de protección o similares.

La cartografía ASTER, de carácter global, puede ser conveniente para el estudio de grandes áreas, preferiblemente llanas, en las que no exista una cartografía más precisa y en las que sus resultados no supongan un riesgo a las personas y bienes que pudieran verse afectadas, debiendo buscarse datos más detallados en los casos que sea necesario para no sobredimensionar los datos del problema, evitando con ello errores mayores.

Por último ya, las áreas afectadas por las posibles inundaciones, son generalmente o campos de cultivo o zonas con vegetación de monte, arbustos y bosques en algunos puntos. Los pueblos cercanos al río no se verían afectados por avenidas hasta 10 años de periodo de retorno, teniendo que buscar alguna solución para los puntos más cercanos al río, puentes y casa sueltas, con periodos de retorno mayores.

5. CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIONES

Con este trabajo se ha realizado un estudio de la parte alta del río Aguas Vivas (desde su nacimiento hasta la presa de Moneva) y se han realizado varios estudios de áreas de inundación utilizando dos sistemas cartográficos distintos.

De la primera parte, estudios del río, se puede extraer que el río circula por una zona más o menos montañosa, hasta Huesa del común, y por una zona más llana, lo que da variedad al paisaje. No es una zona muy poblada, donde la poca gente que vive allí se dedica mayoritariamente a la agricultura y algo de ganadería. No es una zona excesivamente rica pese a que antaño hubiera un importante foco de minería. En lo climatológico es un área más bien árida, con pocas precipitaciones pero que por lo general cuando ocurren suelen ser intensas.

La segunda parte del trabajo, ya más centrada en el estudio comparativo de las áreas de inundabilidad, nos muestra el resultado de distintas simulaciones con cartografía LIDAR y cartografía ASTER. De estas simulaciones y sus resultados se puede observar que es más adecuada la cartografía LIDAR, más detallada y de resultados más precisos que la cartografía ASTER, que sobredimensiona los valores de los datos, llevando a la incoherencia en algunos casos.

Por último ya, las áreas afectadas por las posibles inundaciones, son generalmente o campos de cultivo o zonas con vegetación de monte, arbustos y bosques en algunos puntos. Los pueblos cercanos al río no se verían afectados por avenidas hasta 10 años de periodo de retorno, teniendo que buscar alguna solución para los puntos más cercanos al río, puentes y casa sueltas, con periodos de retorno mayores. Estos problemas no son tan graves como podrían ser en áreas más pobladas o con centrales energéticas o industriales, pero en los casos más desfavorables sí que podrían ser importantes, causando destrucción de bienes, cultivos e incomunicación en los habitantes de los municipios afectados.

5.2. TRABAJOS FUTUROS

Como trabajos futuros se propone el realizar alguna obra de protección del cauce para los periodos de mayor retorno en algunas de las zonas más perjudicadas por una posible inundación, siempre teniendo en cuenta que los valores que se utilicen para el diseño de esta posible infraestructura o medida pueden variar considerablemente en función del tipo de cartografía que se utilice, dimensionándose en exceso o en defecto la obra, con su correspondiente aumento de riesgos o de precio.

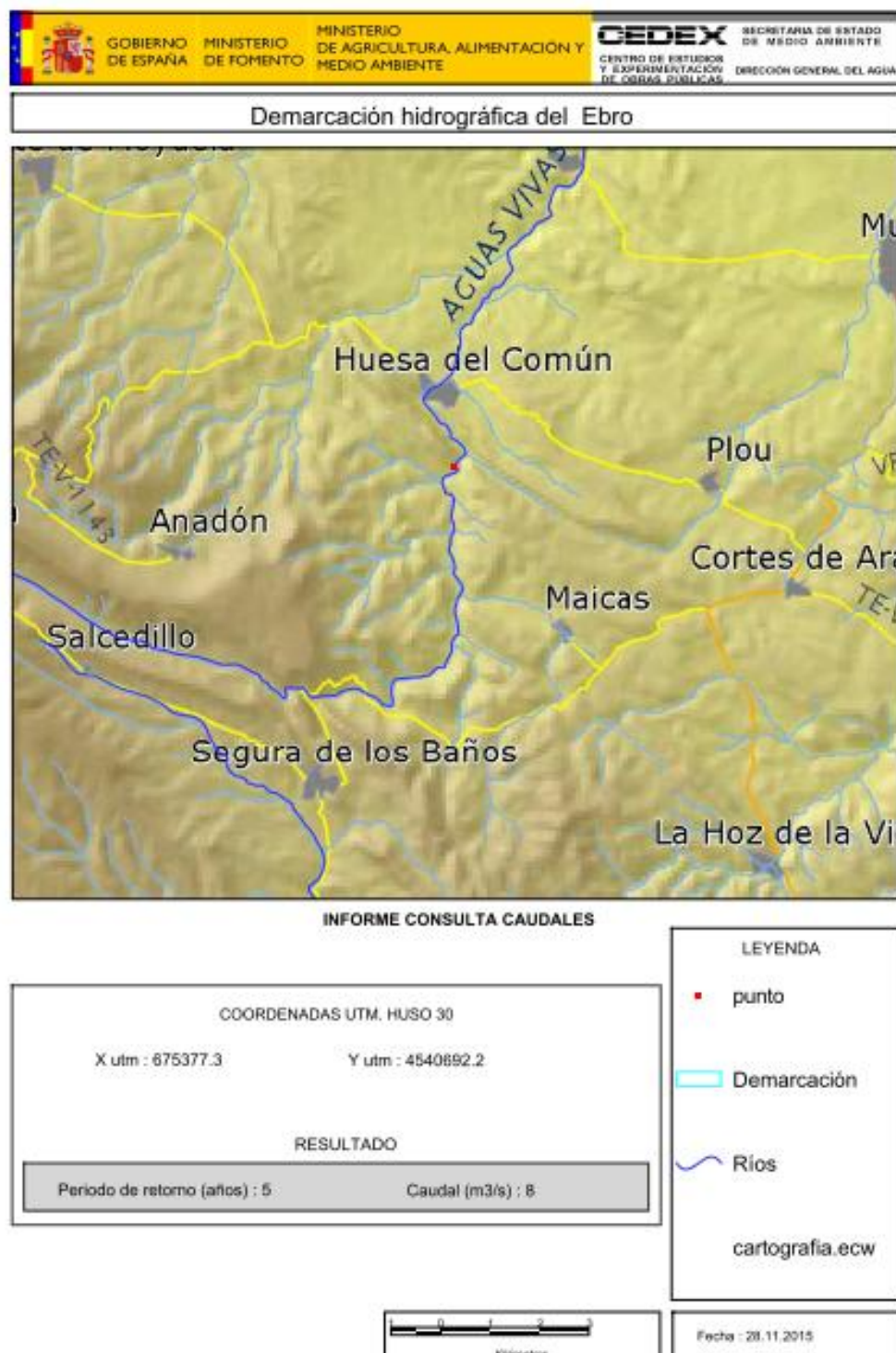
6. ANEXOS

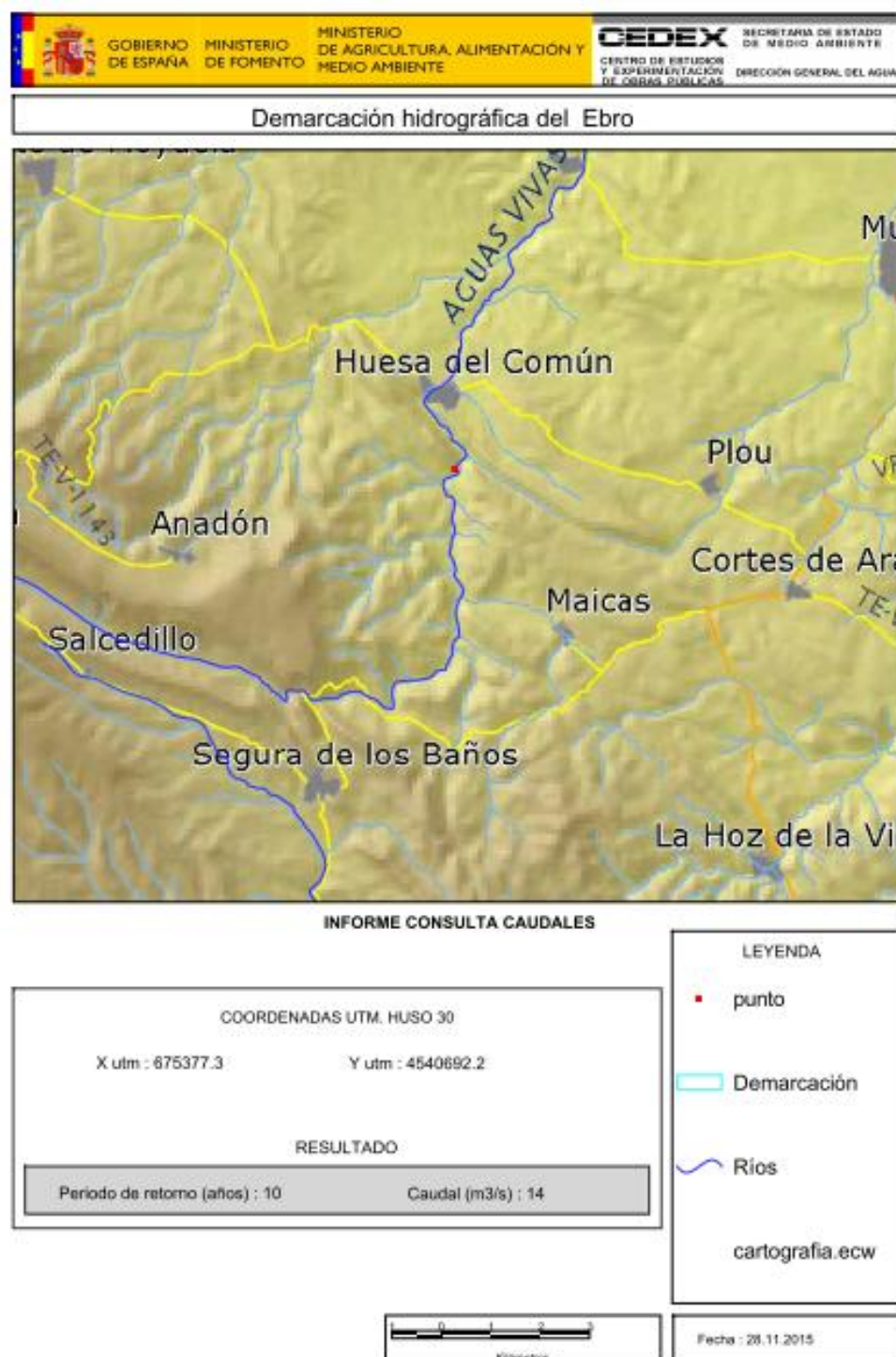
6.1. INFORMES CAUMAX

6.1.1. HOJA 492

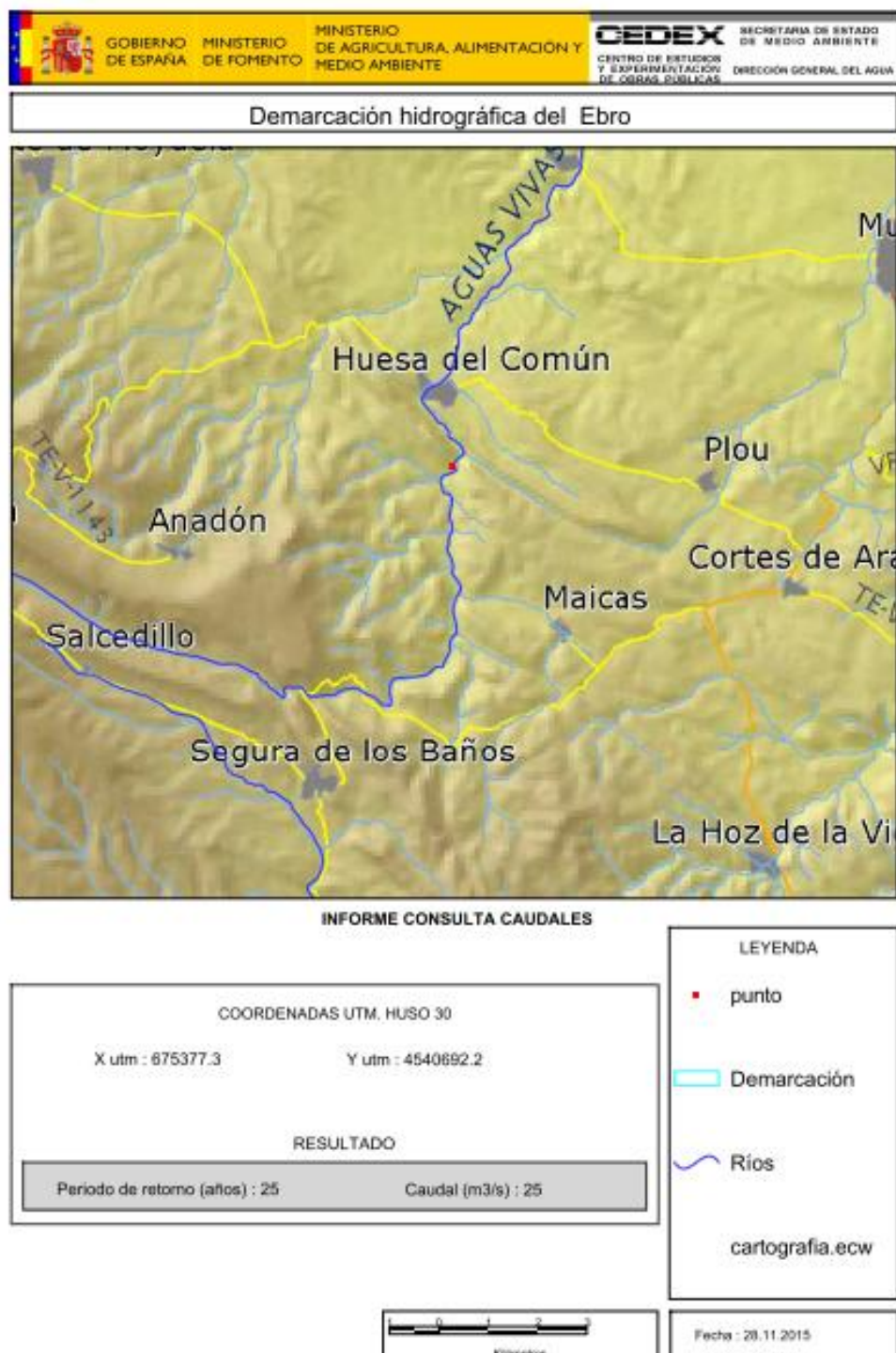


ANEXOS



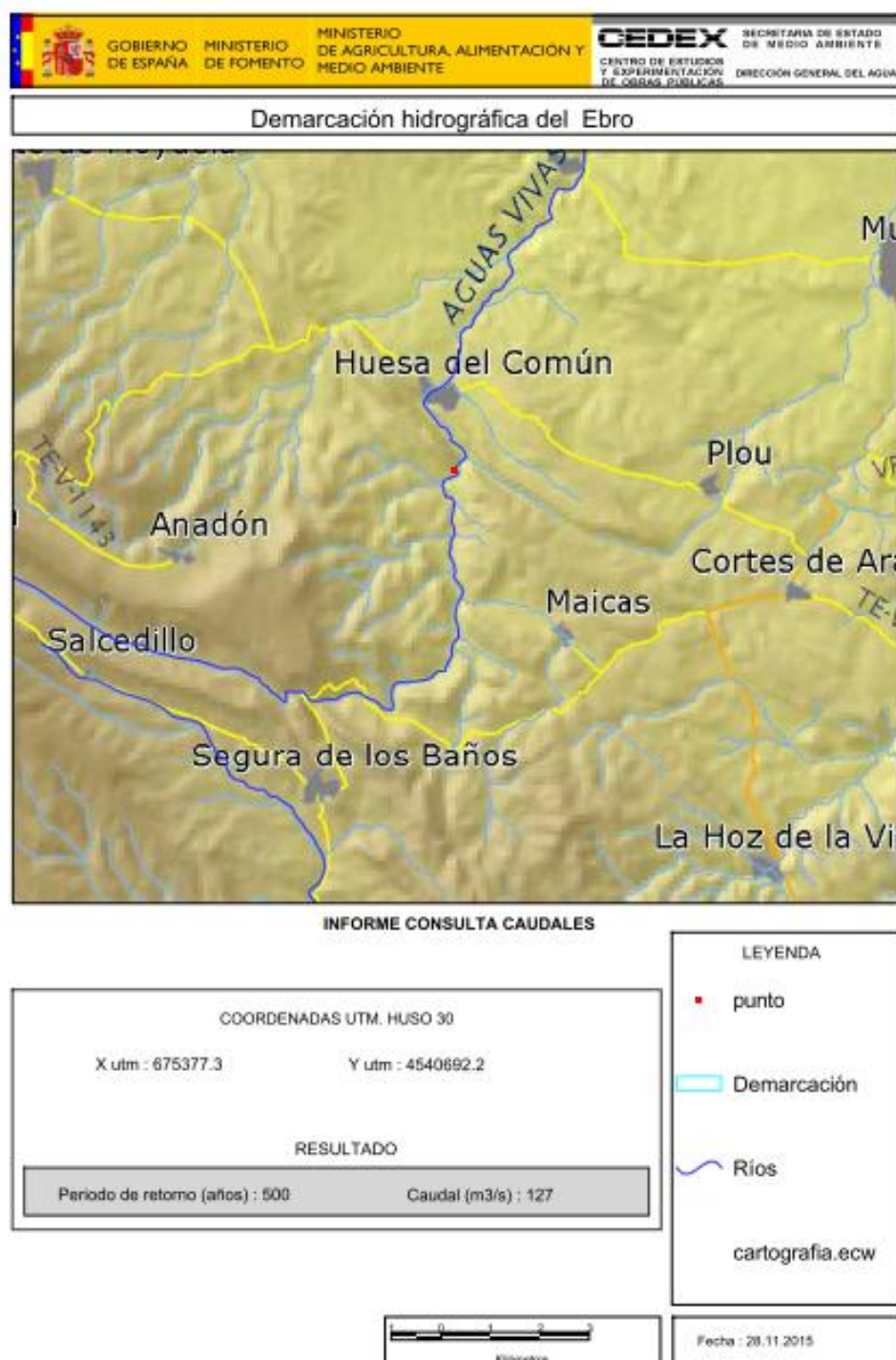


ANEXOS

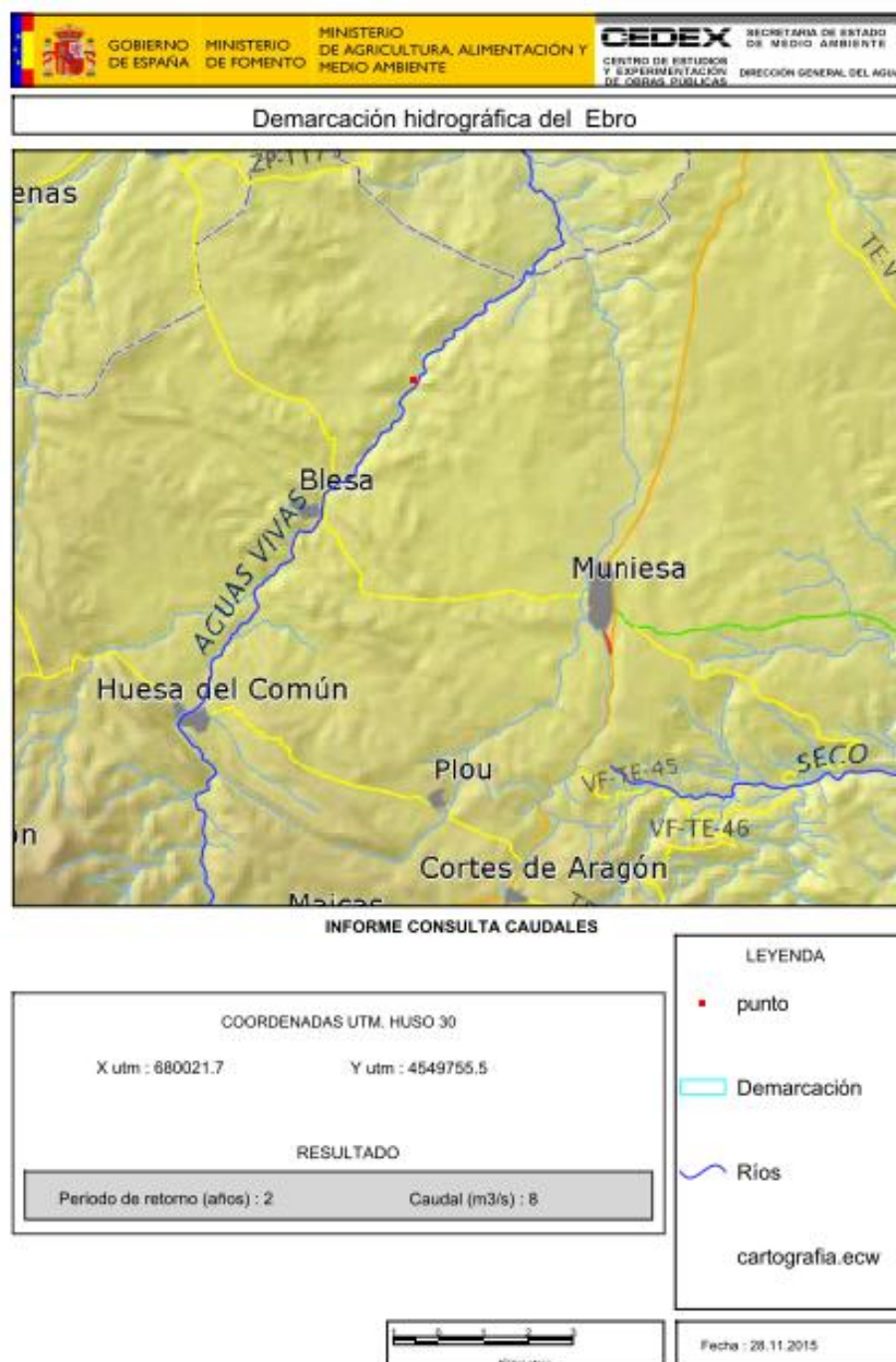




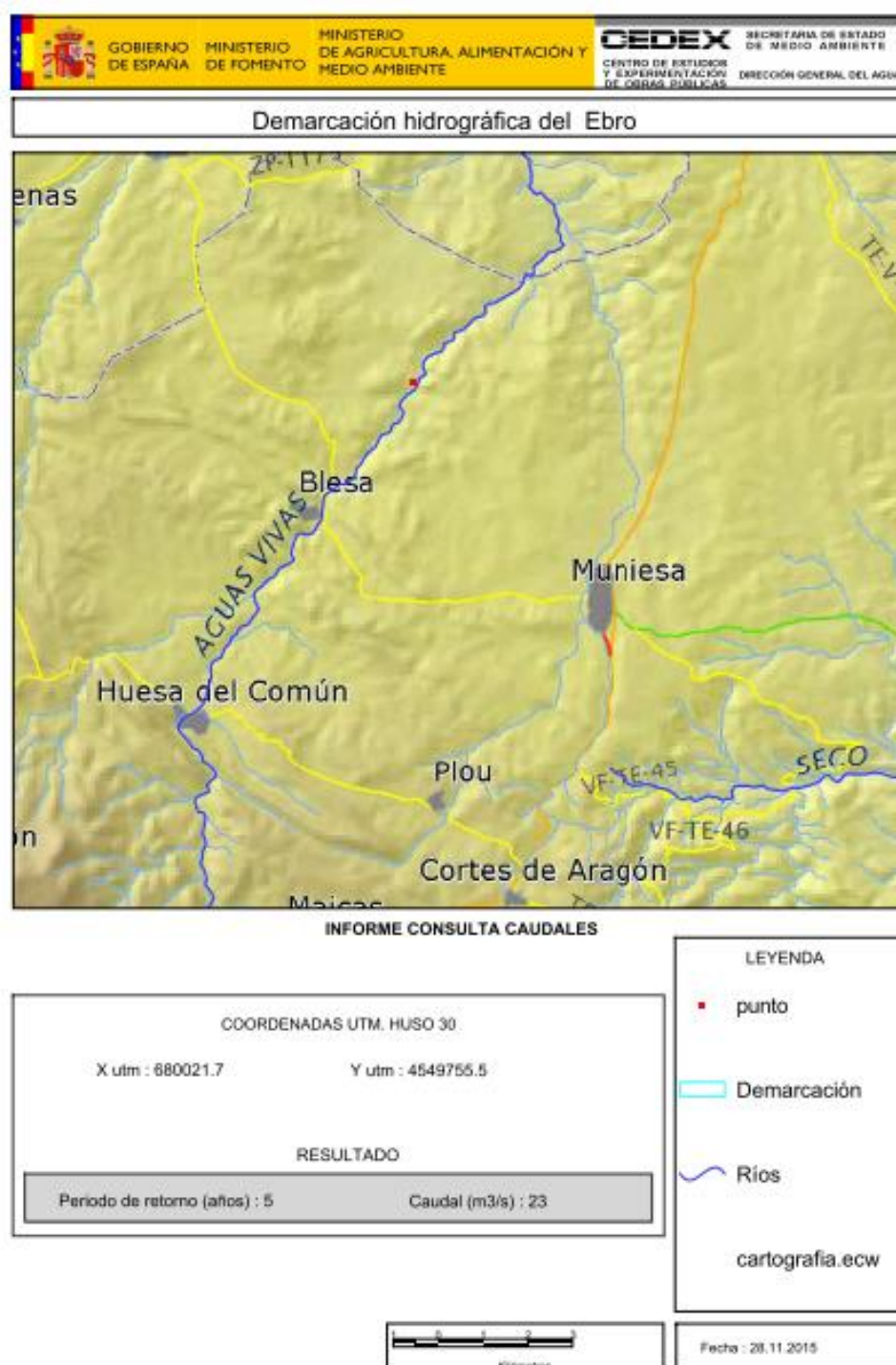
ANEXOS

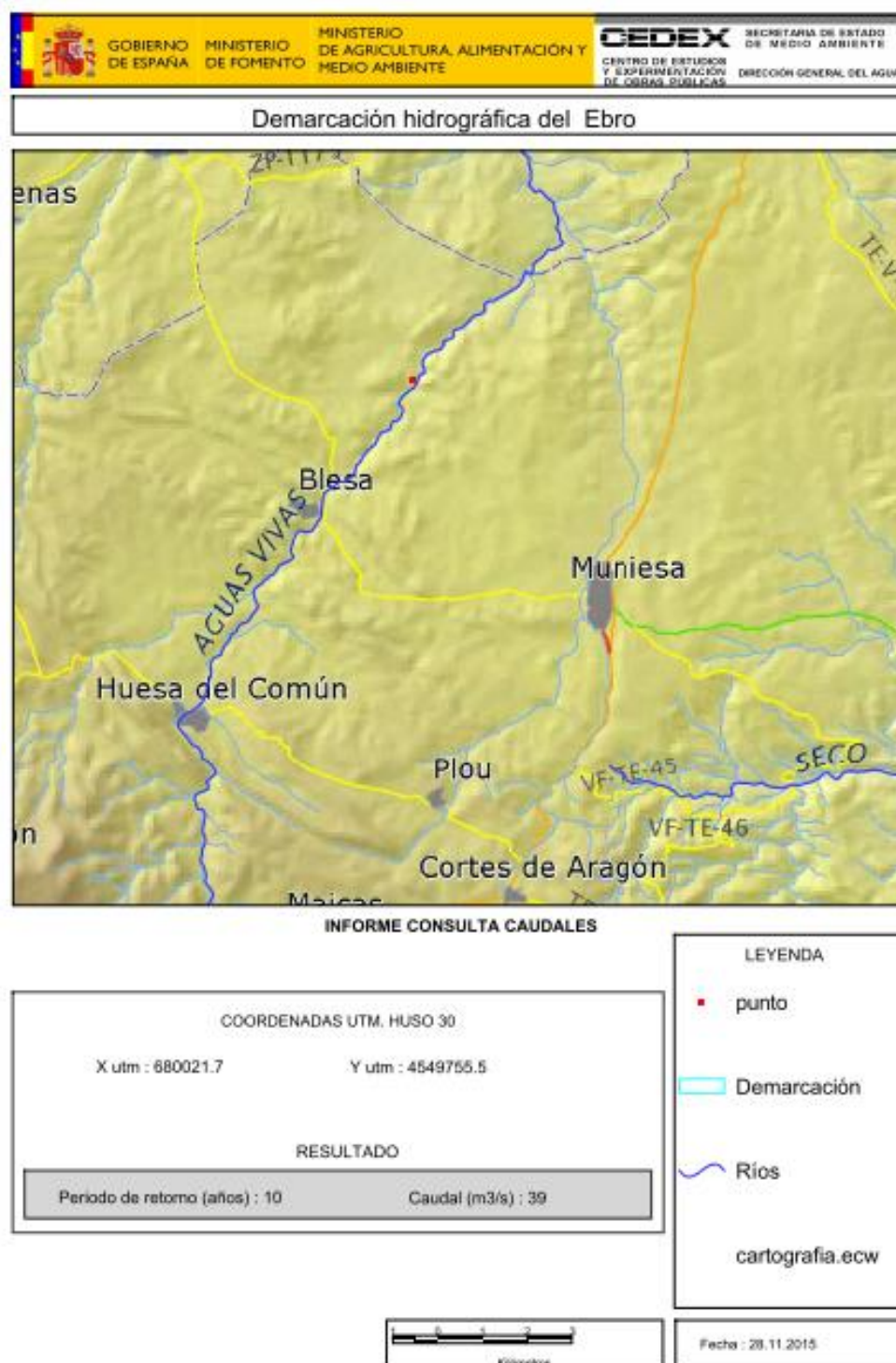


6.1.2. HOJA 466

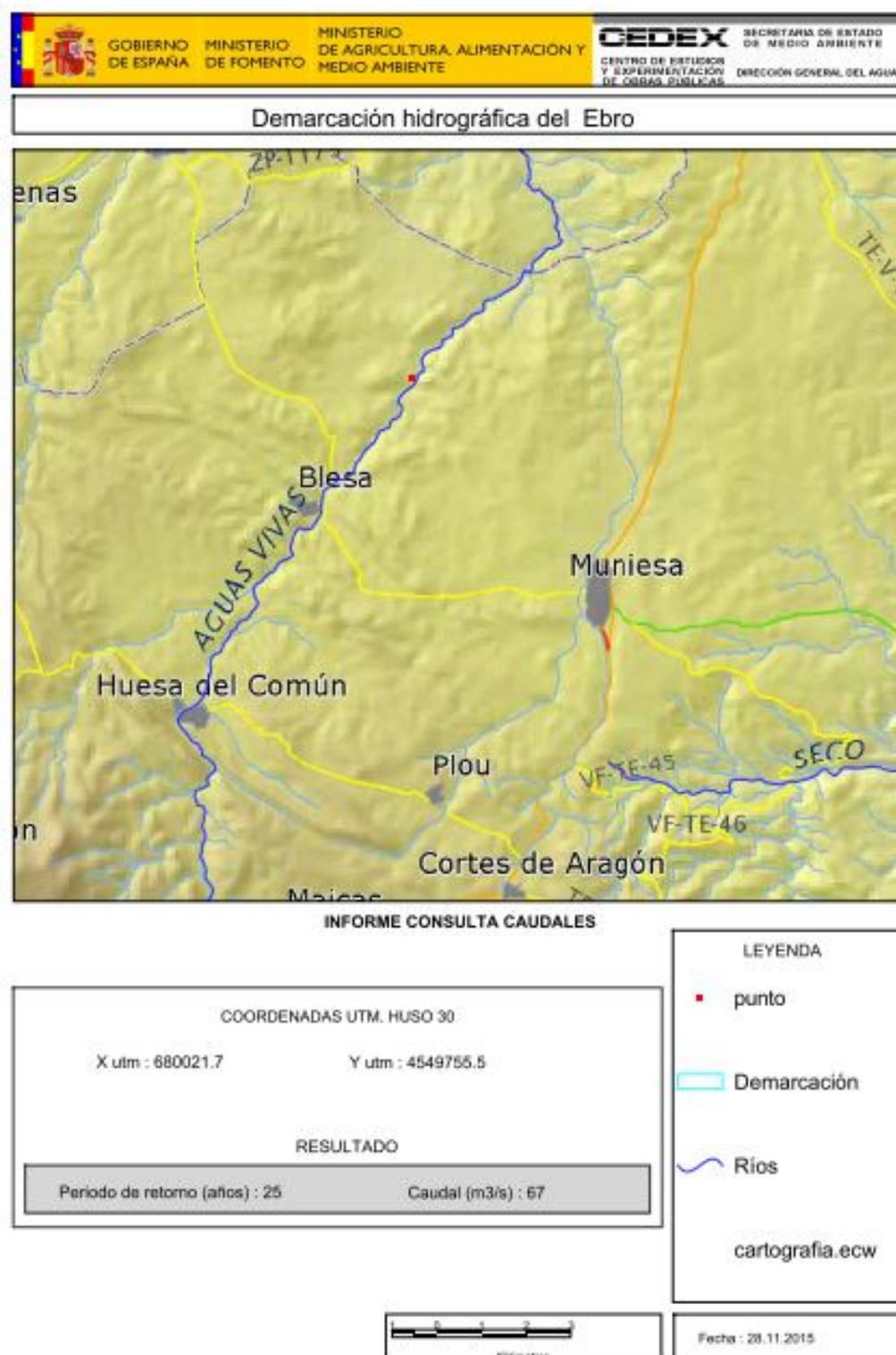


ANEXOS



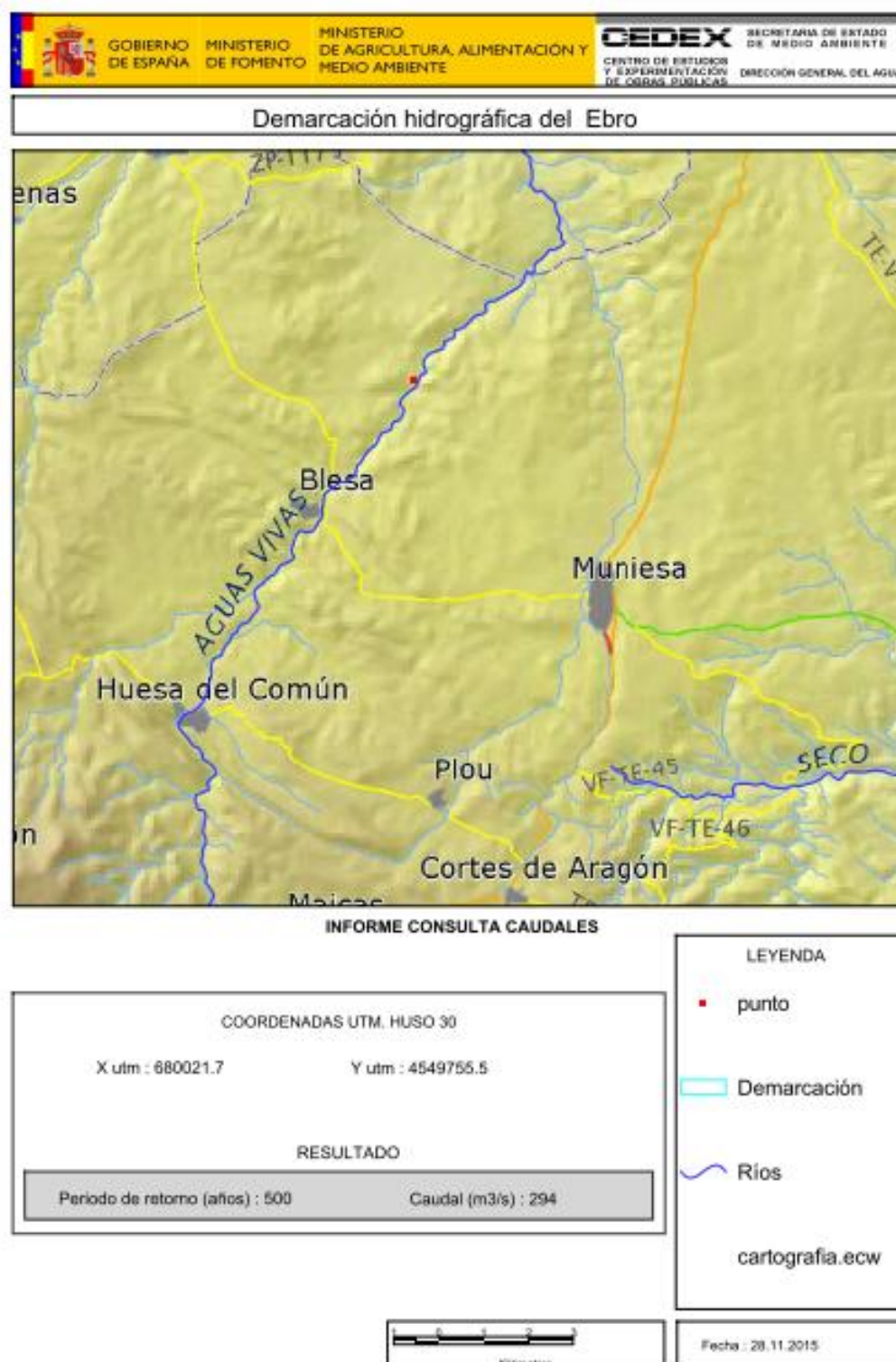


ANEXOS

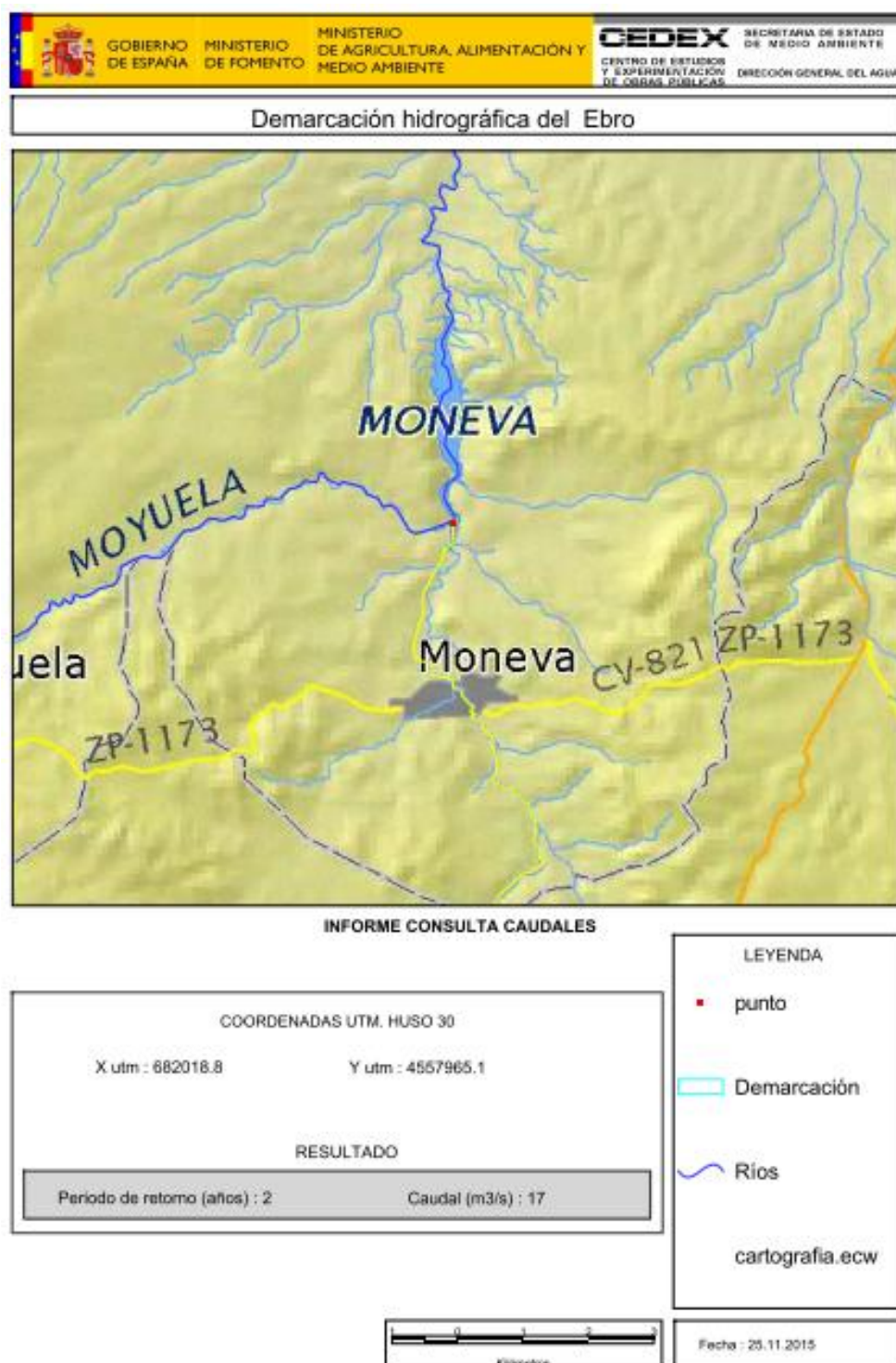




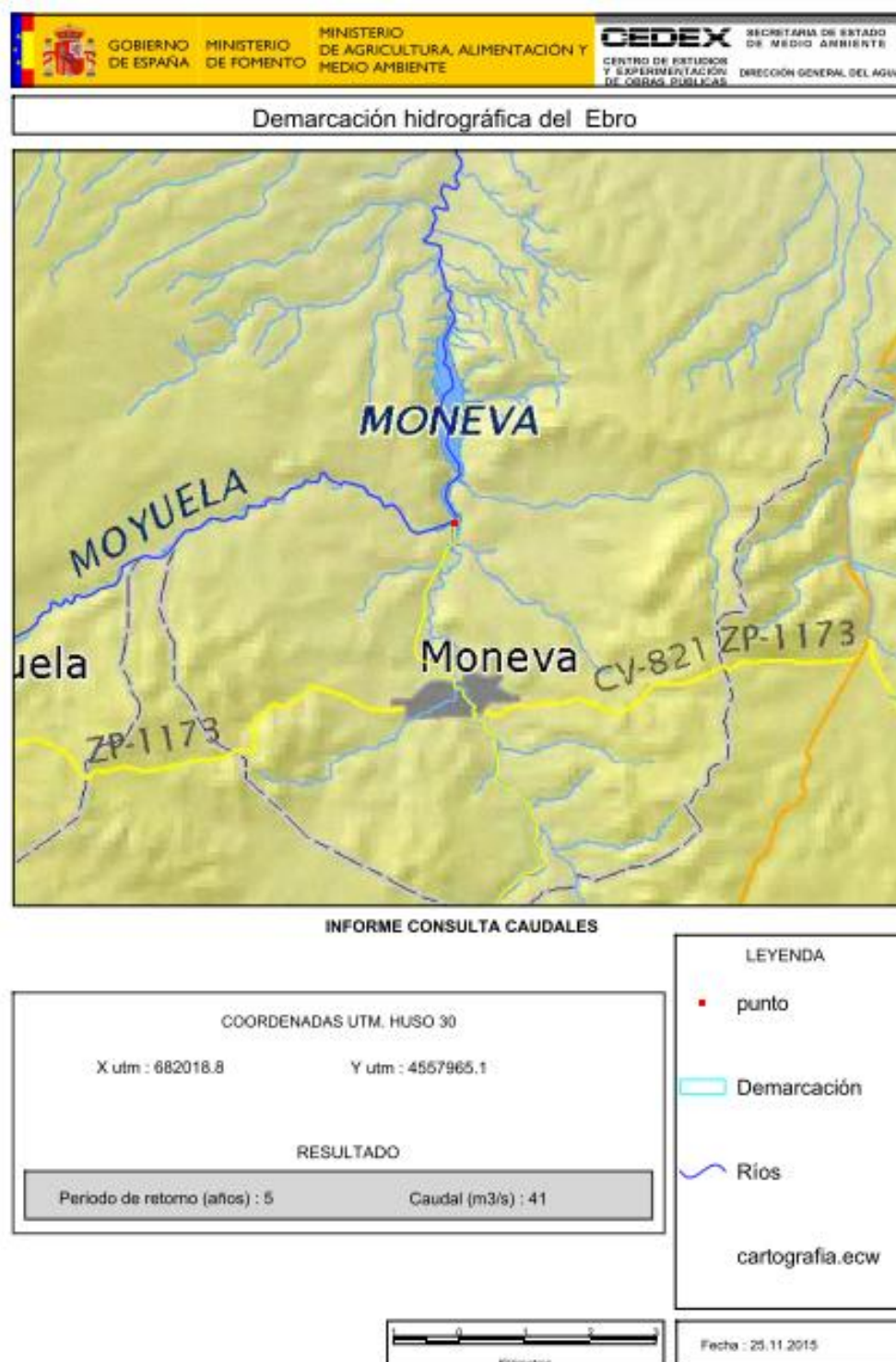
ANEXOS

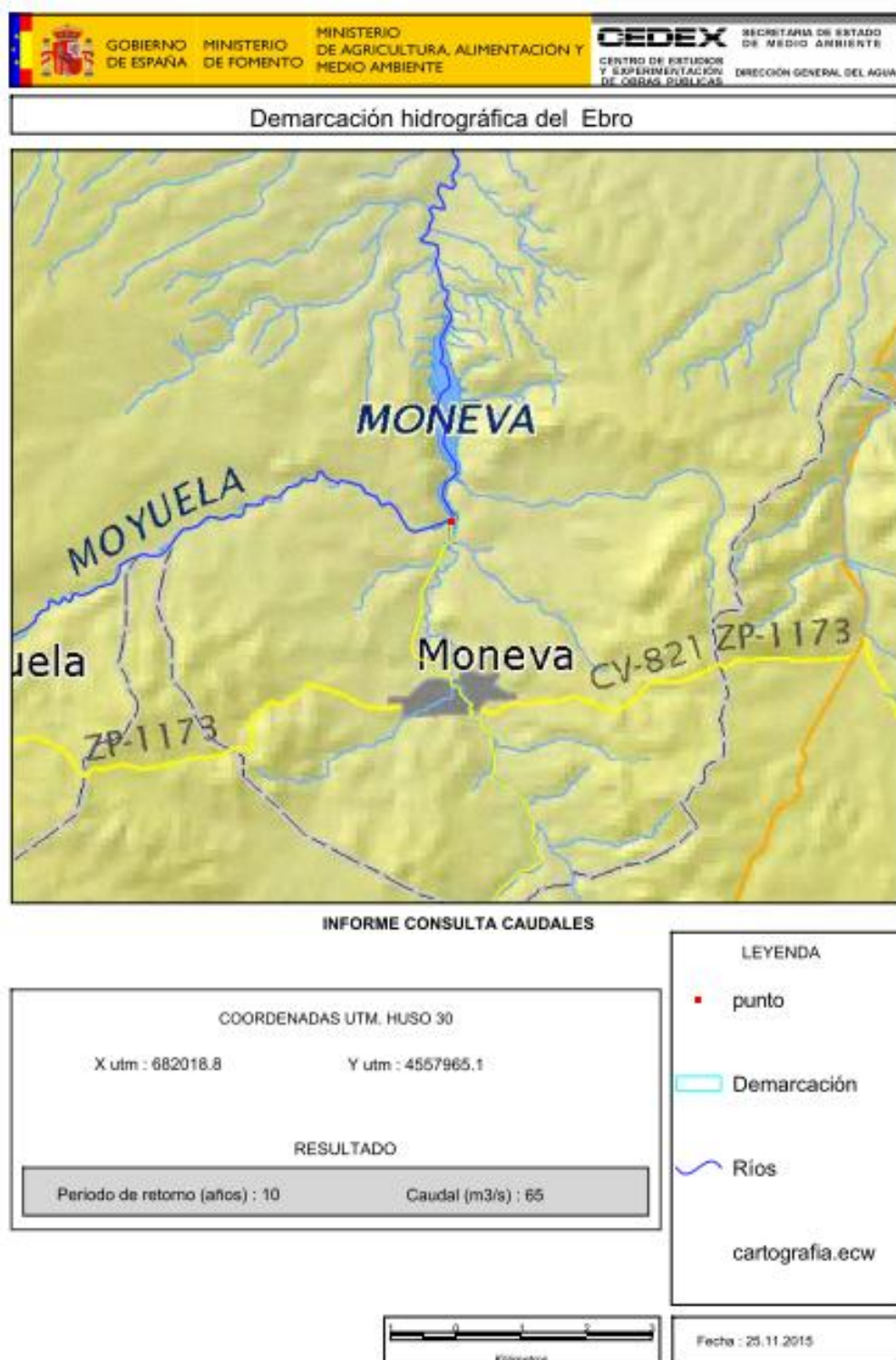


6.1.3. HOJA 467

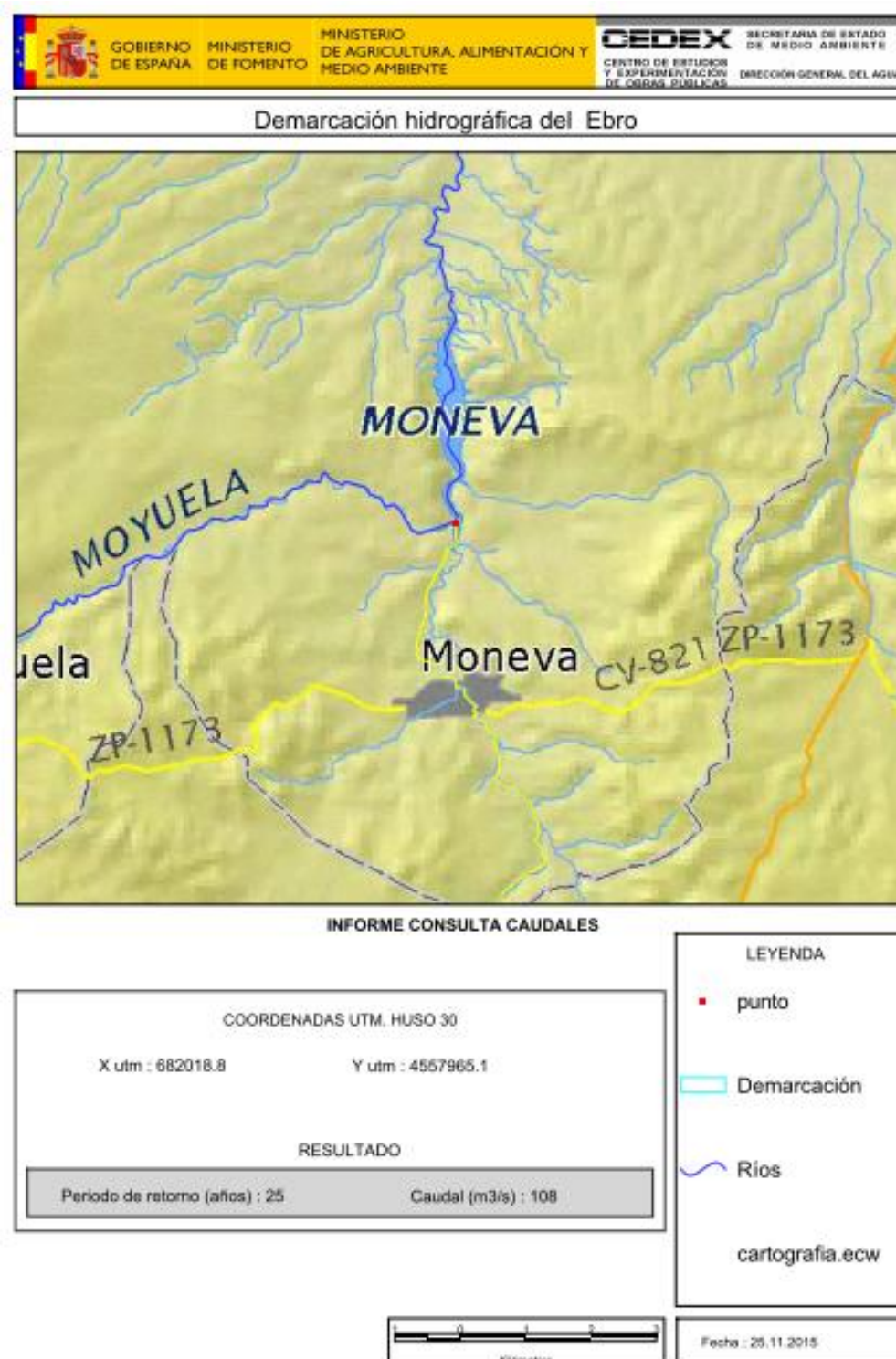


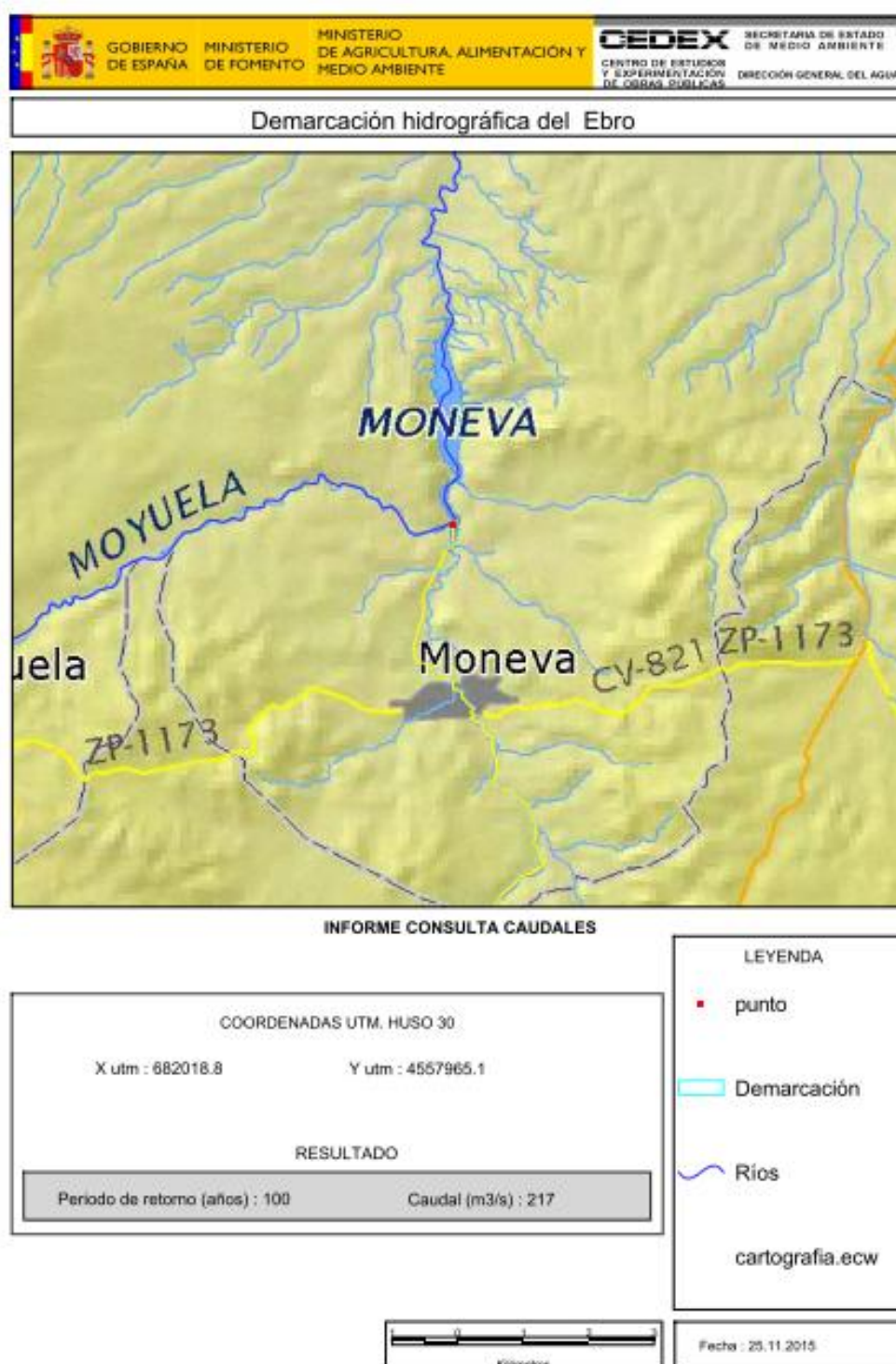
ANEXOS



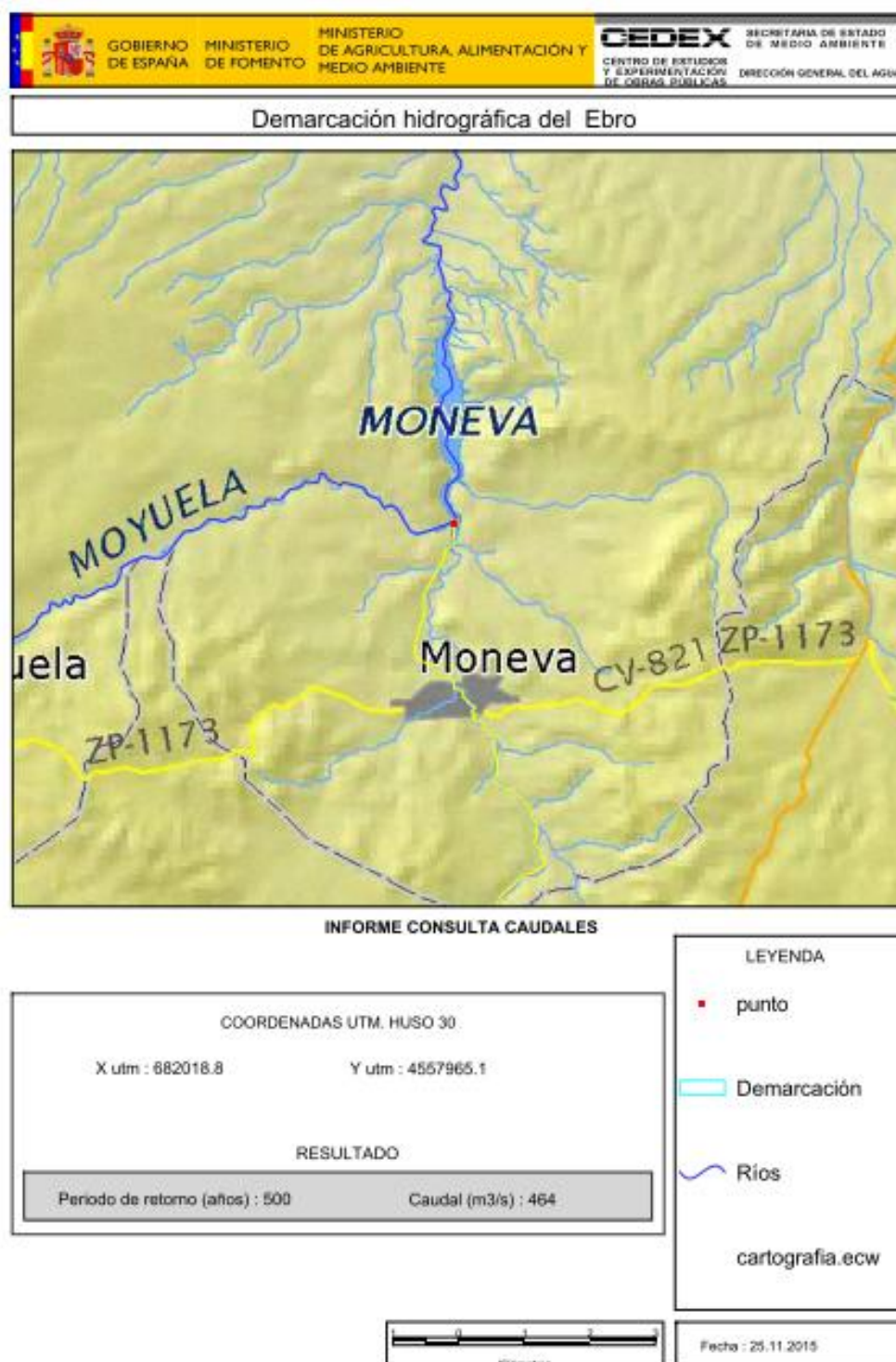


ANEXOS





ANEXOS



7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chebro. (2006). DocumentaciónPrevia_2006. 2015, de Confederación Hidrográfica del Ebro Sitio web: www.chebro.es/contenido.streamFichero.do?idBinario=5009
- <http://www.turismodezaragoza.es/provincia/naturaleza/rios/rio-aguas-vivas.html>
- <http://www.blesa.info/geoaguasvivas.htm>
- <http://www.campodebelchite.com/?id=14>
- http://www.redaragon.com/turismo/que_hacer/default.asp?accion=pagina&CosaQueHacer_ID=2034
-
- http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Organismos/InstitutoAragonesAgua/AreasGenericas/Lugares-de-in-ter%C3%A9s/Teruel/ci.01_Rio_Aguasvivas_Marmitas_en_Segura_de los_Banos.detalleDepartamento?channelSelected=0
- IGME. (). Mapa Geotécnico General Daroca. 2015, de Instituto Geológico y Minero de España Sitio web: http://info.igme.es/cartografia/datos/Geotecnico_200/memorias/Memoria40_GT200.pdf
- IGME. (). Mapa Geotécnico General. 2015, de Instituto Geológico y Minero de España Sitio web: http://info.igme.es/cartografia/datos/Geotecnico_200/pdf/editado_geotecnico200_40.pdf
- Gobierno d Aragón. (2015). Pirámide d Población. 2015, de Gobierno de Aragón Sitio web:

Bibliografía

- http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Institutos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/02_Demografia_Y_Poblacion/01_CifrasPoblacion_Y_Censos/01_Padron/03_Exploatacion_Padron/ci.04_Piramides_poblacion.detalleDepartamento?channelSelected=0
- Chebro. (). La cubierta forestal de la cuenca del Ebro. , de Confederación Hidrográfica del Ebro Sitio web: <ftp://ftp.chebro.es/Estudios/Otros%20Estudios/La%20Cubierta%20forestal%20de%20la%20cuenca%20del%20ebro.pdf>
 - Santiago Alberto Moralejo y José Royo Lasarte. (). Comarca de las Cuencas Mineras. , de Diputación General de Aragón Sitio web: http://bibliotecavirtual.aragon.es/bva/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3600223
 - [http://www.viveldelriomartin.es/InternetRural/viveldelriomartin/home.nsf/98fe415183b0ca5fc12571c300269005/e1dfc26b943169a9c1257aa90079003d/\\$FILE/FLORA%20Y%20FAUNA%20COMARCAS%20MINERAS.pdf](http://www.viveldelriomartin.es/InternetRural/viveldelriomartin/home.nsf/98fe415183b0ca5fc12571c300269005/e1dfc26b943169a9c1257aa90079003d/$FILE/FLORA%20Y%20FAUNA%20COMARCAS%20MINERAS.pdf)
 - http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/guia_metodologica_ZI.aspx
 - <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/>
 - http://www.euroestudios.es/docs/eventos/inundaciones_ebro_v05.pdf
 - <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=7789&idMenu=3400>
 - <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=11479&idMenu=2839>
 - <http://www.ign.es/ign/layoutIn/coberturaUsoSuelo.do>
 - <https://es.wikipedia.org/wiki/LIDAR>
 - <http://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>
 - <http://pnoa.ign.es/coberturalidar>

- <http://lidar.cr.usgs.gov/>
- http://carpe.umd.edu/geospatial/satellite_imagery_resources.php
- <https://asterweb.jpl.nasa.gov/>
- <http://www.dielmo.com/ficha-tecnologia.php?prod=70>
- <http://www.segemar.gov.ar/index.php/sensores-remotos/aster/conceptos-basicos>
- <http://www.geosoluciones.cl/aster/>
- <http://www.geosoluciones.cl/documentos/aster/IMAGENES-ASTER.pdf>

7.2. BIBLIOGRAFÍA

- www.chebro.es
- <http://www.magrama.gob.es/es/>
- <http://www.comarcacuencasmineras.es/InternetRural/cuencasmineras/home.nsf>
- <http://sitar.aragon.es/>
- <http://www.ign.es/>
- <https://www.cnig.es/>
- <http://www.aemet.es/>
- http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/
- www.igme.es/
- <http://www.aragon.es/iaest>
- [Programa CAUMAX](#)
- [Programa SIOSE Desktop](#)
- www.saihebro.com
- <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=MDT05>
- <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/search.jsp>
- <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>
- <http://www.aemet.es/es/portada>
- <http://www.siose.es/>
- <http://servicios.aragon.es/uso/gestion>

